

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-46620

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和64年(1989)2月21日

G 01 M 1/22

7621-2G

審査請求 有 発明の数 5 (全49頁)

⑮ 発明の名称 回転体アンバランス測定法および装置

⑯ 特 願 昭63-99268

⑰ 出 願 昭56(1981)1月12日

⑱ 特 願 昭56-3027の分割

優先権主張 ⑲1980年1月11日⑳米国(US)㉑111.159

⑳ 発 明 者 ケニス・エス・ゴール アメリカ合衆国カリフォルニア州カノーガ・パーク、ネバ  
ド ダ・アベニュー 7721㉑ 出 願 人 エフ・エム・シー・コ アメリカ合衆国イリノイ州シカゴ、イー・ランドルフ・ド  
ーポレーション ライブ 200

㉒ 代 理 人 弁理士 山崎 行造

## 明細書の浄書(内容に変更なし)

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

回転体アンバランス測定法および装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) リム・タイヤ組立体のような回転体のアン  
バランスを測定する測定装置であって、

軸(23)、

該軸をその軸線を中心に回転する回転装置  
(36)、

前期回転体を前記軸に取付ける装置(24)、

前記軸上の異なった位置に各々接して設けられ  
て、前記軸が回転すると、該異なった各々の位置  
で発生する周期的アンバランス力を示す電気信号  
を出力する2個の力変換器(29,31)、前記軸の既定の角位置をモニタして、該各角位  
置の正弦値と余弦値とを提供する装置(33,39,61)、該正弦値と余弦値とを前記各角位置で得た前記  
電気信号の値に乘じ、該各電気信号に関して得た  
正弦と余弦の積を個別に合算し、該合算した数値  
からアンバランスの大きさと位相角とを表わす値

を算出する計算装置(61)、及び

該合算した積と前記アンバランスの値を記憶す  
る記憶装置(68)を含有するアンバランス測定装置  
において、前期記憶装置(68)はRAMであり、該RAMは、  
(イ)軸に負荷をかけずに、(ロ)軸に既知のア  
ンバランス体を付加して、又は(ハ)軸に検査用  
の未知のアンバランス体を付加したそれぞれの状  
態で軸を回転したときに軸の異なった各回転角位  
置における前記合算した積を各々貯蔵するように  
前記計算装置(61)によって制御され、前記計算装置(61)は、負荷がかけられてない軸  
を回転することによって得た前記合算した積によ  
って、既知のアンバランス体及び未知のアンバ  
ランス体に関連した前記合算された積を補正し、こ  
の結果補正された既知のアンバランス体に関連し  
た積から調整定数を算出し、該調整定数と前記検  
査用の未知のアンバランス体に関する補正された  
積とから該検査用のアンバランス体の大きさ及び  
位相角を表わす数値を得ることを特徴とするアン

バランス測定装置。

(2) 特許請求の範囲第(1)項記載のアンバランス測定装置において、前記記憶装置(RAM)は不揮発性メモリであり、よってアンバランス測定装置を停止するまで前記記憶情報が保存されることを特徴とするアンバランス測定装置。

(3) 特許請求の範囲第(1)項又は第(2)項記載のアンバランス測定装置において、前記電気信号の大きさを低レンジと高レンジとの間で選択的に検出し得る制御装置が設けられており、これによって前記計算装置は前記信号を各々比較的に低いアンバランス力と比較的に高いアンバランス力を示す信号として受け取ることを特徴とするアンバランス測定装置。

(4) 骨組みに支持された回転軸上の既知の位置に回転体が取付けられ、該回転体によって生じるアンバランス力の大きさと前記回転軸の角位置とを示す電気信号を出力する検知装置(29,31,39)が設けられ、該検知装置がさらに前記回転軸の基準角位置を示す電気信号を出力する回転体のアンバ

与えられていない場合と既知のアンバランス体を取付けた場合とから得た前記電気信号の大きさと位相角を用いることによって、前記検知装置による誤差と前記軸のアンバランスによる誤差とを修正した前記回転体のアンバランスの大きさと位相角とを示す情報を提供することを特徴とするアンバランス測定装置。

(5) 特許請求の範囲第(4)項記載のアンバランス測定装置において、前記電気信号の大きさと位相角とを得る装置は、前記軸を回転したときにアンバランスを示す電気信号における基本波の正弦及び余弦成分を出力する装置を有することを特徴とするアンバランス測定装置。

(6) 特許請求の範囲第(4)項記載のアンバランス測定装置において、前記電気信号の大きさを低レンジと高レンジとの間で選択的に検出し得る制御装置が設けられており、これによって前記計算装置は前記信号を各々比較的に低いアンバランス力と比較的に高いアンバランス力を示す信号として受け取ることを特徴とするアンバランス測定装置。

ランス測定装置において、

前記軸に負荷を与えずに該軸を回転したときに前記検知装置から電気信号を受取る装置、

前記基準角位置に関するアンバランス力を示す電気信号の大きさと位相角とを得る装置、及び軸に負荷を与えないときの該電気信号の大きさと位相角とを貯蔵する記憶装置を備え、

前記電気信号を受取る装置が既知のアンバランス体を取付けて前記軸を回転したときにも前記検知装置から電気信号を受取り、前記電気信号の大きさと位相角とを得る装置がさらにこの場合の基準角位置におけるアンバランス力を示す電気信号の大きさと位相角とに対応する信号を出力し、また、前記記憶装置が前記軸に既知のアンバランス体を取付けて該軸を回転したときにおける前記電気信号の大きさと位相角とをも貯蔵し、さらに、

未知のアンバランス体を前記軸に取付けて該軸を回転したときの電気信号を処理する計算装置を備えており、該計算装置が前記記憶装置に接続されて該記憶装置に貯蔵されている前記軸に負荷が

(7) 骨組みに支持された回転軸上の既知の位置に回転体が取付けられ、該回転体によって生じるアンバランス力を示す電気信号を出力する検知装置が設けられた回転体のアンバランス測定装置において、

前記軸に負荷を与えずに該軸を回転したときに前記検知装置から電気信号を受け手該電気信号から前記既知の位置に関する前記負荷を与えない軸のアンバランスの大きさと位相角とを示す出力を入手する装置、

負荷を与えてない前記軸の前記アンバランスの大きさと位相角とを示す出力を貯蔵する記憶装置、及び

未知のアンバランス体を前記軸に装架して前記軸を回転したときに得た電気信号を処理する計算装置を有しており、該計算装置が前記記憶装置に接続されて該記憶装置に貯蔵された前記負荷を与えていない軸のアンバランスを示す出力を用いることによって、前記軸のアンバランスによる誤差を修正した回転体のアンバランス情報を提供する

ことを特徴とするアンバランス測定装置。

(8) 特許請求の範囲第(7)項記載のアンバランス測定装置において、前記電気信号の大きさと位相角とを得る装置は、前記軸を回転したときに前記アンバランスを示す電気信号における基本波の正弦及び余弦成分を与える装置を有することを特徴とするアンバランス測定装置。

(9) 特許請求の範囲第(9)項記載のアンバランス測定装置において、電気信号の大きさと低レンジと高レンジとの間で選択的に検出し得る制御装置が設けられており、これによって前記計算装置は前記信号を各々比較的に低いアンバランス力と比較的に高いアンバランス力を示す信号として受取することを特徴とするアンバランス測定装置。

(10) 骨組みに支持され一端に符号化板を有する回転可能な軸上に装架された回転体のアンバランスを測定するアンバランス測定方法であって、前記軸に基準角が与えられ、該軸に接して力変換器が設けられており、該力変換器が、前記軸が回転すると生じるアンバランス力の成分を示す瞬間的

な場合のアンバランス信号の大きさと位相角とを得る段階は、該負荷がかけられていない場合の電気信号から基本的正弦及び余弦成分を得て、このようにして得た基本的正弦及び余弦成分を軸アンバランス量として貯蔵する段階を有することを特徴とするアンバランス測定方法。

(12) 特許請求の範囲第(10)項記載のアンバランス測定方法において、アンバランス信号の大きさを検出して、前記電気信号を処理する場合に低レンジと高レンジとの間で電気信号を選択する段階を有することにより、比較的に小さいアンバランス力と比較的に大きいアンバランス力との処理が容易になることを特徴とするアンバランス測定方法。

(13) 骨組みに支持され一端に符号化板を有する回転可能な軸上に装架された回転体のアンバランスを測定するアンバランス測定方法であって、前記軸に基準角が与えられ、該軸に接して設けられた該力変換器が、前記軸が回転すると生じるアンバランス力の成分を示す瞬間的な大きさをもった

な大きさをもったアンバランス信号を提供するアンバランス測定方法において、

既知のアンバランス体を、前記基準角に関して既知の角位置で前記軸に取付ける段階、

既知のアンバランス体を前記軸に取付けた状態で前記軸を回転する段階、

基準角に関して前記力変換器が示したアンバランス信号の大きさと位相角とを得ることにより補正されていない数値を得る段階、

前記軸に負荷をかけずに前記軸を回転する段階

基準角に関して前記力変換器が示した前記軸に負荷がかけられていない状態でのアンバランス信号の大きさと位相角とを得ることにより前記軸のアンバランス量を得る段階、及び、

前記軸のアンバランス量と前記補正されていない数値とを演算して、前記軸のアンバランスに対して補正した測定値を得る段階を含有するアンバランス測定方法。

(11) 特許請求の範囲第(10)項記載のアンバランス測定方法において、前記軸に負荷がかけられて

アンバランス信号を提供するアンバランス測定方法において、

前記軸に負荷をかけずに前記軸を回転する段階

基準角に関して前記力変換器が示した負荷がかけられていないときのアンバランス信号の大きさと位相角とを得ることによって前記軸のアンバランス量を得る段階、及び

該軸のアンバランス量と測定したアンバランス体のアンバランス信号とを演算処理して、前記軸のアンバランスを補正した測定アンバランス量を得る段階を有することを特徴とするアンバランス測定方法。

(14) 特許請求の範囲第(13)項に記載のアンバランス測定方法において、前記軸に負荷がかけられていない場合のアンバランス信号の大きさと位相角とを得る段階は、該負荷がかけられていない場合の電気信号から基本波の正弦及び余弦成分を得て、このようにして得た基本波の正弦及び余弦成分を軸アンバランス量として貯蔵する段階を有することを特徴とするアンバランス測定方法。

(15) 特許請求の範囲第(14)項記載のアンバランス測定方法において、前記軸を回転している間にアンバランス信号の大きさと位相角とを得る段階は、前記軸に既知のアンバランス重りを取付けて前記軸を回転する段階を含み、さらに既知のアンバランス重りを取付けた場合の電気信号から基本波の正弦及び余弦成分を得る段階と、こうして得た基本波の正弦及び余弦成分を、補正されてない数値として貯蔵する段階とを有することを特徴とするアンバランス測定方法。

(16) 特許請求の範囲第(13)項記載のアンバランス測定方法において、アンバランス信号の大きさを検出して、前記電気信号を処理する場合に低レンジと高レンジとの間で電気信号を選択する段階を有することにより、比較的に小さいアンバランス力と比較的に大きいアンバランス力との処理が容易になることを特徴とするアンバランス測定方法。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は回転体のアンバランス（不均衡）の測

定および表示法および装置、とくに装置に及ぼされたアンバランスな測定誤差を測定および補償することができる装置に関する。

回転体のアンバランスを決定するための振動ベクトルの測定は周知である。たとえば米国特許第3,220,247号には回転体のアンバランスすなわち振動ベクトルを示す信号を発生するアンバランス採取（ピックアップ）装置を含む測定装置が示されている。アンバランス信号の周期と同じ基準周期を持つ基準信号を発生する正弦および余弦発生器も示されている。アンバランス信号と基準信号とは乗算器で結合してそれらの積をフィルタ回路に通して平均値を得る。アンバランス信号にフーリエ解析を施してアナログの形で処理してアンバランスベクトルの大きさと方向とを得るアナログ回路も上記米国特許に示されている。

米国特許第3,751,987号にはアンバランスを検出してアンバランス信号を発生する変換器に結合した電子回路を含むダイナミックバランス機械が示されている。バランス機械の回転部に対する

0°の角基準を示す基準検出器も示されている。基準信号に関して正弦および余弦信号が発生され、アナログ乗算回路によってアンバランス信号と正弦および余弦基準信号とが乗算されて積出力が発生され、それからろ波される。ろ波された積出力は平均値を表わし、アンバランス力の大きさと角位置を示すものとして表示される。未知の周期アンバランス力から正弦および余弦成分を取り出してアンバランス力の大きさと方向とを得るこの方法は長く使用されてきた。米国特許第4,015,480号には、信号処理の一部がデジタル形で行なわれるこのような装置が示されている。アンバランス振動と同じ周波数を持つ基準正弦および余弦値がアンバランス信号とともにデジタル化され、乗算されて正弦積および余弦積を発生するそれぞれの正弦および余弦積は加算され、これら2つの和から平均値が取り出され、それぞれの平均値はアンバランスの大きさと位相とを決定するのに用いられる。

米国特許第4,046,017号には回転軸を持つダイ

ナミック車輪バランス装置が示されており、この回転軸にはバランスすべき物体を取り付け、軸の近くには物体のアンバランスを表わす信号を発生する1対の力変換器を設ける。この装置はさらに軸の回転増分に対応するパルスを発生する回路を含む。回転体によって発生されたアンバランス力が鉛直に上向きの位置のような特定の角位置を通るときから出発してパルスをカウントするカウンタも設ける。軸を回転させカウンタがパルスのカウントを始め、カウンタの出力がアナログ信号に変えられ、アナログ信号が記憶され、軸が停止される。それから車輪を、軸が物体のアンバランスが測定された角位置にあることを角位置計が示すまで手で回転させる。最初はアンバランスの車輪を取り付けるべき回転軸を機械的にバランスさせて誤差がはいるのを防ぐ。次に回転軸を交換するとき、機械の機械的再バランスが必要である。ときどき機械的および電気的調節が相互作用をするので、熟練者がそれらを機械にセットすることが通常必要である。

そこで本発明は、機械的および電機的部品のドリフトによって実質的に影響されない高精度のアンバランスベクトルの読みを与えるアンバランス力測定機と方法とを提供する。

本発明によって、回転体のアンバランスを測定し、物体の回転軸に垂直な1つまたは2つの面内のアンバランスを解決する装置と方法とが得られる。力変換器は回転体を取り付けた回転軸に機械的に結合されて回転体の回転の間に回転体のアンバランスな質量によって変換器のところに発生された周期的力を表わす電気信号を発生する。アナログ/デジタル変換器(A-D変換器)が力変換器から電気信号を受け取って周期的力の瞬間的な大きさに対応するデジタル語出力を発生する。

A-D変換器を制御する装置があって、回転軸の各回転の間に所定数の角増分ごとにデジタル語を発生させる。記憶装置が、おのおの1つまたはそれ以上の所定数の角増分に対応する複数のデジタル正弦および余弦を表わす量を記憶している。回転軸の回転にともない、制御装置は角位置と対応

した正弦および余弦を表わす量に上記各々のデジタル語出力を作用させて正弦成分を持つ修正された量と余弦成分を持つ修正された量とを発生する。これらの正弦成分および余弦成分を含む量は、記憶されたデジタル正弦および余弦を表わす量を適当に選択することによって最小の時間内に求められる。各角位置の増加分に対応して得られた正弦および余弦成分を含む修正された量を加算する装置によってアンバランス質量の大きさと物体上のその角位置とを決めるデータが得られる。

未知のアンバランス重量を持つ回転体のアンバランスを決め、装置を調整(校正)する本発明の方法は、負荷のない軸を回転させて無負荷アンバランス信号を得、それからアンバランスの位相と大きさとを表わす無負荷アンバランス信号数値量を計算することを含む。それから既知の調整重りを既知の角位置で軸に取り付けて上記の方法を繰り返してアンバランスの大きさと位相とを表わす調整信号数値量を得る。それから無負荷アンバランス信号数値量を調整アンバランス信号数値量か

ら引いて調整定数を計算する。最後に未知のアンバランス重りを取り付けて軸を回転させて未知のアンバランスの位相と大きさとを表わすアンバランス信号数値量を得る。これらの後者の数値量をそれから無負荷数値量を引くことによってまず補正し、それから調整定数を用いて未知のアンバランスの位相と大きさとに対する正しいデータを得る。

次に図を用いて本発明の実施例を説明する。

第1図に回転体のアンバランス質量を測定する機械装置を示す。物体を回転したときアンバランス質量によってアンバランス力が発生する。回転軸(23)の一端に取り付けたショルダ部材(22)に回転体として自動車のリムとタイヤとの組み合わせ(21)を固定する。リムには軸(23)の一端に適合する通常を中心孔がある。リムは軸(23)の一端にねじ込んだホイールクランプ(24)によって所定位置にしっかりと保持される。1対の軸受ハウジング(26,27)が固定されたがんじょうな骨組み(28)内に弾力的に支持されている。軸(23)は軸受ハウジング(26,27)内の内部軸受部材に支持されて骨組

み(28)内で回転する。左右の力変換器(29,31)がそれぞれ骨組み(28)と軸受ハウジング(26,27)との間に設けられている。ばね(32)を各力変換器と骨組みとの間に設けて力変換器(29,31)を軸受ハウジング(26,27)に連続的に接触させる。

符号化板(33)が軸(23)のリムとタイヤの組み合わせ(21)がある端と反対の端にナット(34)で止めてあって軸と共に回転する。モータ(36)が骨組み(28)に取り付けられ、モータはベルト(37)と、軸(23)に固定された滑車(38)とを介して軸(23)を回転する。感光器(光検出器)と光源との組み合わせ(39)が発生する信号は正面パネル(42)を持つコンソール(41)内の回路に送られる。感光器と光源との組み合わせが発生する信号の数は3つで、第1図では $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、およびHOME(すなわち基準)と名付けてある。力変換器(29,31)はまたモータ(36)と同様コンソール(41)内の電子回路に接続されている。上記の力変換器(29,31)及び組み合わせ(37)は検知装置として働く。本明細書で説明する車輪のアンバランス測定装置はこの点に関しては

米国特許第4,046,017号に示されたものの型である。

アンバランスの設定と監視用のスイッチと表示装置とは正面パネル(42)上に示されている。スタート/回転スイッチ(45)は第1図に示されていて、軸回転の手順を開始する。多位置機械モードスイッチ(43)と多位置表示モードスイッチ(44)とを正面パネル(42)に設けてある。機械モードスイッチ(43)は運転モード、調整モード、または零軸アンバランスモードを選択することにセット(設定)できる。表示モードスイッチ(44)はオンス、丸めたオンス、グラム、または丸めたグラムの表示を選択するようにセットできる。選択された表示ユニットは3ケタ左右アンバランス重り表示窓(46,47)に表示される。左右位置表示器(48)は測定されたアンバランス質量をつりあわせるためにはリムのどこに重りを付けるべきかを示す角情報を与える。通常のオフセット量測定器(49)も正面パネル(42)に設けてあり、これによって軸(32)上のリムとタイヤの組み合わせ(21)の軸方向

位置の便利な読みが得られる。4×4キーボード(51)によってリムとタイヤの組み合わせの物理的パラメータを系に導入することができる。オフセット量はキーボード上の第1列第3行に"0"を選び、番号をつけたキーによる適当なオフセット測定によって導入する。第1図ではオフセットは文字"b"で表わしてある。同様にリムの直径Dは"D"と示したキーと番号のついたキーの適当な直径の寸法とを選ぶことによって系に導入する。車輪組立体(21)の巾は第1図にP1およびP2で示す2つの面の間をとる。つりあわせ用の重りはリムに取り付けることができる。車輪の巾は第1図では文字"C"で示してある。この巾はキーボード(51)上のWと印の付いたキーと適当な番号のキーとを選ぶことによって系に導入する。選んだ直径、巾、およびオフセット値はそれぞれ3ケタ表示器(52, 53, 54)に表示される。ともに以下にもっと詳しく説明する計算機能と交互のスタティックダイナミック機能とはキーボード(51)のキーcおよびキーsによって選択される。

上述のように、力測定装置は、第1図に示すように回転軸を水平面内に維持するのに必要なすべての力を測定する2つの力変換器によって力を検出するので、従来用いられたものと類似のものである。符号化板(33)と感光器と光源との組み合わせ(39)とは車輪バランス軸(23)用の光学的軸符号化器として作用する。軸回転に対してはHOME位置かを測定され、それは軸の1回転に対して1度起こる。HOME位置は角基準となり、軸の角位置に関していくつかの調整定数の角位置を決める。調整定数は回転体のアンバランスの測定に導入された誤差を減少させるのに用いる。アンバランス力は、軸に既知の調整用重りを負荷させて軸を回転させたとき、および軸に負荷を与えないで軸を回転させたときに測定する。このような測定は、変換器の調整と零バランスデータとを用いて計算し、結果を記憶して、後にアンバランス体を軸に取り付けて回転させたときアンバランス力方程式を解くに用いる。

アンバランス力方程式は、どのような電氣的ま

たは機械的情報も含まない雑音信号がないと考えられるアンバランスベクトルおよびそれに関連した定数処理する。したがってアンバランスベクトルは、軸が回転すると、実際に回転している物体のアンバランス、調整重りアンバランス、または無負荷軸アンバランスの正弦波的に変化する成分だけを表わす。雑音がないという仮定は以下の考察から正当化される。後述のように、符号板(33)の穴(79)のパターンで決まる回転軸の別々な角位置における角増分において、変換器からのアンバランス力信号はデジタル化され抜き取り(サンプル)れる。当業者には周知のように、データの抜き取りとこの抜きとられたデータの加算とによって、全データ抜き取り時間より短い周期を持つ周波数の非調和雑音は捨て去られる。調和雑音は正弦および余弦成分を含む合成量を得る演算とその後の加算によって除去される。本装置で行なわれる処理は処理されたデータ出力中の基本波の正弦および余弦成分のフーリエ係数の抽出を含む。処理されたデータは、力変換器出力信号と、この

力変換器の出力が存在する瞬間の軸の角の正弦と余弦とを表わす数とを演算して、正弦成分を含む量と余弦成分を含む量とを得て、それから正弦成分を含む量と余弦成分を含む量とを個々に加算（積分）することにより得られる。変換器の出力と軸の角位置の正弦と余弦とを表わす量とをデジタル化し、軸の所定の角位置においてデジタル化された変換器出力に演算を施すことによって処理をデジタル的に行なう。正弦および余弦を表わす量は調和成分の処理されたデータへの影響を減少させるように選ぶ。したがって、フーリエ級数の基本周波数に関するフーリエ係数を表わす正弦および余弦の和の形を表わすように処理されたデータは比較的調和成分が少ない。各力変換器出力における基本波の正弦および余弦成分は実質的に雑音なしに取り出され測定されるという知識によって回転体に対する質量アンバランス測定方程式が得られる。第1図の力変換器(29,31)のいずれか1つに作用する力は変換器からの回転電圧ベクトルによって決まる回転ベクトルと固定変換定数

ベクトルとの積として表わすことができる。すなわち次の式が成り立つ。

$$(1) \vec{F} = \vec{K} \cdot \vec{E}$$

ただし $\vec{F}$ は力のベクトル、 $\vec{K}$ は調整定数ベクトル、 $\vec{E}$ は変換器からの電圧ベクトルである。電圧ベクトルと力ベクトルとの間の角がすべての変換器で同じならば、調整定数ベクトルはつねに同じ位相角を持つであろう。しかし、測定機械内の力変換器の位置、回転軸の変動、力の単位当たりの出力の力変換器の感度定数は用いる測定機械単位から単位によって変る。したがって式(1)の一般形は

$$(2) F \angle \gamma = K \angle \beta \quad E \angle \theta$$

となる。ただし $F$ 、 $\gamma$ は力ベクトルの大きさと位相、 $K$ 、 $\beta$ は調整定数ベクトルの大きさと位相、 $E$ 、 $\theta$ は電圧ベクトルの大きさと位相である。

既知のまたは調整重りを回転軸の一定の機械的位置に取り付けると、軸を回転したとき力のベクトルが現れる。変換器電圧ベクトルを測定することにより変換器調整定数を表わすベクトル量を得られる。これは次のように示される。

$$(3) K_{cx} = \frac{F_c E_{cx}}{(E_{cx})^2 + (E_{cy})^2}, \quad K_{cy} = \frac{F_c E_{cy}}{(E_{cx})^2 + (E_{cy})^2}$$

$\gamma = 0$  (調整重りを所定の基準位置に置いたときに起こるなら式(2)から極座標表示で

$$K \angle \beta = \frac{F_c}{E_c} \angle \theta_c$$

が得られる。この式は $\beta$ と $\theta_c$ とは同じ角であると

$$K \cos \theta_c + j K \sin \theta_c = \frac{F_c}{E_c \cos \theta_c - j E_c \sin \theta_c}$$

(直角座標表示)となる。ただしサフィックス $c$ は調整値を表わす。

$$\begin{aligned} K_{cx} &= K \cos \theta_c \\ K_{cy} &= K \sin \theta_c \\ E_{cx} &= E_c \cos \theta_c \\ E_{cy} &= E_c \sin \theta_c \end{aligned}$$

と置き、すぐ前の式の右辺の分子と分母に

$$K_{cx} + j K_{cy} = \frac{F_c E_{cx} + j F_c E_{cy}}{(E_{cx})^2 + (E_{cy})^2}$$

を掛けると

が得られる。

式(2)と同様に次の式が成り立つ。

$$(4) F \cos \gamma + j F \sin \gamma = (K \cos \theta_c + j K \sin \theta_c) (E \cos \theta + j E \sin \theta)$$

式(4)の演算から次の一般的力の方程式が得られる。

$$(5) \begin{cases} F_x = K_{cx} E_x - K_{cy} E_y \\ F_y = K_{cy} E_x + K_{cx} E_y \end{cases}$$

ここで $F_x = F \cos \gamma$ ,  $E_x = E \cos \theta$ ,  $E_y = E \sin \theta$ である。

再び第1図を用いて左右の変換器(29,31)の実際の調整定数の導入法を説明する。Y2で示す点で既知の角位置において軸(23)に既知の大きさの調整重りを取り付ける。回転軸(23)を回転させると反応力 $L$ が軸の点Y0に加わる、反応力 $R$ が軸の点

Y1に加わって調整重りによって起こされる質量のアンバランスによる力に対抗して軸をスタティック（静電気力学的）な平衡に保つ。調整重りによって軸(23)上の点Y2に加わる力を $F_{cal}$ で表わすと、調整の間の第1図の機械装置のスタティックな要求は

$$\vec{L}_c + \vec{R}_c + \vec{F}_{cal} = 0$$

となる。これはベクトル和である。ただし $L_c$ と $R_c$ は $F_{cal}$ が加わったときの左右の変換器における力である。点Y1のまわりのモーメントは

$$\begin{aligned} a(L_c) &= (F_{cal})d \\ (6) \quad \vec{L}_c &= F_{cal} \frac{d}{a} \\ \vec{R}_c &= \vec{F}_{cal} - \vec{L}_c = F_{cal} \left(1 + \frac{d}{a}\right) \end{aligned}$$

となる。

次の符号の置き換えをすると以下の関係が簡単になる。

$$\text{左の変換器: } F_c = F_{cal} \frac{d}{a}$$

となる。

式(8)の調整定数を式(5)の一般的力変換器方程式に用い、 $E_x = El_x$ 、 $E_y = El_y$ であると、左変換器に対してY0を通る垂直面における力のxおよびy成分は次のように計算される。

$$\begin{aligned} (9) \quad Fl_x &= (Kl_x)(El_x) - (Kl_y)(El_y) \\ Fl_y &= (Kl_y)(El_x) - (Kl_x)(El_y) \end{aligned}$$

同様に $E_x = F_{rx}$ 、 $E_y = F_{ry}$ であると右変換器に対して点Y1における軸に垂直な面内の力のxおよびy成分は次のように計算される。

$$\begin{aligned} (10) \quad F_{rx} &= (K_{rx})(E_{rx}) - (K_{ry})(E_{ry}) \\ F_{ry} &= (K_{ry})(E_{rx}) + (K_{rx})(E_{ry}) \end{aligned}$$

式(9)、(10)から軸(23)に加えられたどのような一般的セットの力に対しても解が得られる。

再び第1図において力 $L$ 、 $R$ はそれらのX、Y成分 $l_x$ 、 $l_y$ 、 $r_x$ 、 $r_y$ に分解することができる。回転している軸(23)のふるまいを記述するスタティックな関係を用いて、点Y3のまわりのモーメントは

$$\begin{aligned} L_x(a+b) + R_x \times b &= r_x \times c \\ r_x &= \frac{R_x \times b + L_x(a+b)}{c} \end{aligned}$$

$$E_{cx} = El_{xc}, \quad E_{cy} = El_{yc}$$

$$K_{cx} = Kl_x, \quad K_{cy} = Kl_y$$

$$\text{右の変換器: } F_c = F_{cal} \left(1 + \frac{d}{a}\right)$$

$$E_{cx} = E_{rxc}, \quad E_{cy} = E_{ryc}$$

$$K_{cx} = K_{rx}, \quad K_{cy} = K_{ry}$$

式(3)から左右の変換器(29,31)の調整定数は

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} Kl_x &= \frac{F_{cal} (d/a) El_{xc}}{(El_{xc})^2 + (El_{yc})^2} && (\text{左、x方向}) \\ Kl_y &= \frac{F_{cal} (d/a) El_{yc}}{(El_{xc})^2 + (El_{yc})^2} && (\text{左、y方向}) \\ K_{rx} &= \frac{-F_{cal} (1+d/a) E_{rxc}}{(E_{rxc})^2 + (E_{ryc})^2} && (\text{右、x方向}) \\ K_{ry} &= \frac{-F_{cal} (1+d/a) E_{ryc}}{(E_{rxc})^2 + (E_{ryc})^2} && (\text{右、y方向}) \end{aligned} \right.$$

$$(11) \quad r_y = \frac{R_y \times b + L_y(a+b)}{c}$$

となる。

同様にして点Y4のまわりのモーメントは

$$\begin{aligned} L_x(a+b+c) + R_x(b+c) - l_x c &= 0 \\ l_x &= \frac{-L_x(a+b) - R_x b}{c} - \frac{L_{xc}}{c} \\ &\quad - \frac{R_{xc}}{c} \end{aligned}$$

$$(12) \quad \left\{ \begin{aligned} l_x &= -r_x - L_x - R_x \\ l_y &= -r_y - L_y - R_y \end{aligned} \right.$$

となる。

式(11)、(12)を極座標表示にすると

$$(13) \quad \left\{ \begin{aligned} \vec{r} &= rx + jry = \sqrt{(rx)^2 + (ry)^2} \\ \tan^{-1} \left( \frac{ry}{rx} \right) &= r \angle \theta_r \\ \vec{l} &= lx + jly = \sqrt{(lx)^2 + (ly)^2} \\ \tan^{-1} \left( \frac{ly}{lx} \right) &= l \angle \theta_l \end{aligned} \right.$$

となる。

質量のアンバランスによるアンバランス力のxy成分を分解し、これらの力を面P1、P2に移し、xy成分を極座標表示に変換した後、力のアン balan



スにつりあわせるため面P1,P2 内において組み合わせ(21)のリムに取り付けなければならない実際の重りは、力を所定の直径における対応した重りとアンバランス力を検出した軸(23)の回転のラジアン数とに關係させることによって決定される。この力から重りへの変換は次のように行なわれる。

$$(14) \quad \begin{cases} W_l = \frac{2(lg)}{\omega^2 D} \\ W_r = \frac{2(rg)}{\omega^2 D} \end{cases}$$

ここで $\omega$ は軸(23)のラジアン/秒で表わした角速度、 $D$ は重りを付けると仮定されたとの直径、 $g$ は重力の加速度、 $W_l$ 、 $W_r$ はそれぞれ左右のつりあわせ用重りである。

初めにアンバランスである軸が回転体のアンバランスを測定する際に与える影響を除去する方法は、外部の調整重りをつけずにまたは車輪の組み合わせを取り付けずに軸(23)を回転させることである。そのとき現れる電圧ベクトルは軸だけのアンバランスに対応する。これらの電圧ベクトルの大きさと位相を記憶して、それからこれらを外部の調整重りまたは車の組み合わせを取り付けて軸

を回転させたとき得られる和または積分から差し引くと得られた積分または和は外部の重りか軸に取り付けた回転体だけによりアンバランス力を表わす。以下に説明するプログラム流れ図の議論において、アンバランスがない軸のテストの前に調整テストを行なうようにプログラムを構成すると便利である。

スタテックアンバランス測定とは何かを決めるのがしばしば望ましい。スタテックアンバランスとは、面の分離(間隔)、オフセット、および変換器の分離を無視した左右のアンバランス測定値の和と定義される。したがってスタテックアンバランスは周知の“バブル”(bubble)バランスとなる。したがってスタテックアンバランスに対する關係は次のようになる。

$$(15) \quad \begin{cases} r_x + l_x = r_x + (-r_x - l_x - R_x) = -l_x - R_x \\ r_y + l_y = l_y - R_y \end{cases}$$

以下に説明するアンバランス測定装置は軸(23)の各回転における所定数の角増分ごとに上記の計算を行なう。軸が各角増分を通過している期間中力

変換器の出力はデジタル化されてそれに演算が行なわれる。各期間中に行なわれる演算は正弦を表わす量と余弦を表わす量との前記角増分に対するデジタル化された力変換器出力との組み合わせに關係する。この組み合わせは1つの数と他の数との通常の乗算とは異なる方法で行う。正弦と余弦とをあらわす量は、それらをデジタル化された変換器出力と組み合わせる演算が、軸角の正弦または余弦を表わすデジタル数で行なう通常の乗算に必要な実行時間に比べて最小の実行時間内に行なえるように選ばれる。さらに、正弦と余弦を表わす量は調和成分の組み合わせた量への寄与が最小になるように選ぶ。デジタル化され、正弦および余弦を表わす量と組み合わせられ、加算されて正弦及び余弦成分を得る力変換器データは次のテストからの処理された処理されたデータで置き換えられるまで記憶装置に記憶されるデータを与える。したがって、オフセット量計(49)、表示スイッチ(44)、またはキーボード(51)の設定のどれかが誤ったり、何らかの理由で変更する必要があると

き再計算するのにこの処理されたデータは再び用いられる。再計算は第1図のパネル(42)上の制御スイッチに訂正した入力を再設定し、キーボード(51)上の“C”の印の付いた計算キーを選ぶことによってなされる。デジタルアンバランスデータを正弦および余弦を表わす値と組み合わせる方法、正弦および余弦を表わす値を選択して調和成分の寄与を低下させる方法、および処理されたデータを再計算に用いる方法の詳細は以下に説明する。

両面P1,P2のデータを得るダイナミック(動力学的)アンバランス測定の選択はキーボード(51)上の“S”と印の付いたキーを押してスタテックアンバランスデータを選ぶことによって交互に行なう。選択は順次“S”キーを押すことによって交互に行なえる。スタテックアンバランス測定を選択したとき、数字5(文字“S”と似ている)が左重り表示装置(46)の中心位置に表示される。

上述のように、ここに説明した装置によって特に力変換器の物理的および電気的特性から起こる誤差および軸(23)のアンバランスから起こる現象

を除去する調整がなされる。このような誤差は多位置モードスイッチ(43)が調整位置または零位置のいずれかにセットされたときに本装置によって測定される。軸は調整測定の間適当な調整重りを軸の点Y2(第1図)に取り付けて回転させる。零または軸アンバランス測定の間は軸は無負荷状態で回転させる。調整定数は上に導出した方程式によって計算し、後述のように記憶して、モードスイッチ(43)を施工(ラン)位置にし、回転体を軸(23)上で回転させたときに、以後の各アンバランス測定に用いる。

第4図はコンソール(41)内の測定回路部分の構成図である。第4図はまた第1図に関連して説明したモータ(36)、符号化板(33)、および感光器(光検出器)と光源との組み合わせ(39)を示す。感光器と光源との組み合わせ(39)は、パルスφ2とそれから位相が90°変位したパルスφ1とを発生することを含む角増分検出機能を持つ。感光器と光源との組み合わせ(39)はまた軸(23)の各回転に1回HOMEパルスを発生する。各HOME、φ1、

れた変換器信号はマルチプレクサ(66)に供給される。マルチプレクサ(66)は条件づけられた左右の変換器信号をアナログ形で交互に通してA-D変換器(67)に送る。A-D変換器の出力はデジタル化された左右変換器信号の形でデータとして計算機(61)に送られる。計算機(61)は入力条件づけ回路(63,64)の利得を制御してマルチプレクサ(66)に出力を送らせる。計算機(61)はまた変換器(67)を駆動してA-D変換を行なわせる。

記憶装置、すなわち持久RAM(68)を計算機(61)に結合する。RAM(68)は計算機(61)で行なわれた計算によって得られた調整および軸アンバランス定数を記憶し、計算機の呼び出しによって記憶した情報を供給する。電力を細流充電回路(69)に供給して電池(71)を新しく充電された状態に保つ。電池(71)がRAM(68)に電力を供給するので電力の停止または機械の停止によって記憶装置に記憶されたデータを失なうことはない。計算機(61)はデータの記憶または呼び出しのときRAMのアドレスを供給する。

φ2パルスはそれぞれ条件づけ回路部(56,57,58)で条件づけられて便利なパルスの形と振巾になる。条件づけられたHOME、φ1、φ2パルスはHOME位置画定回路(59)で結合されて計算装置すなわち計算機(61)に供給される基準出力となる。計算機(61)としてはフェアチャイルド社のF8マイクロプロセッサが適当である。条件づけられたφ1、φ2パルスは、これも計算機(61)に供給される位置中断信号を発生する"4倍化"(×4)乗算回路部(62)に供給する。左右の力変換器(29,31)の出力はそれぞれ条件づけ回路(63,64)に供給して必要な信号振巾とある高周期波ろ波とを得る。条件づけられた信号に対して便利なスケール因子を得るために変換器信号条件づけ回路に対して制御装置、すなわちレンジ制御回路(65)を設ける。レンジは以下に詳述するようにして計算機からの制御信号によって選択する。本実施例においてはレンジ制御装置によって0.05オンスの間隔(増分)で0-7オンスの低レンジが得られる。7-20オンスの高レンジは0.1オンスの間隔である。条件づけら

アンバランス測定を行なう間軸(23)に取り付けた回転体をカバーする機械的保護装置(図示しない)を設ける。保護装置は係員とすぐそばにいる他の作業員の安全のためのもので、保護装置が持ち上げられたとき計算機(61)に停止信号を与える保護連動装置(72)をそれに結合してある。通常の停止装置(73)もあって、選択されたとき停止信号を計算機(61)に与える。正面パネル(42)に現れた制御信号によって作動する入力スイッチおよびキーボードスイッチ列(74)は32行マルチプレクサ(76)によって走査される。マルチプレクサ(76)は計算機(61)によって逐次アドレスされて計算機に走査したデータを与える。複数の表示装置(77)が計算機(61)によってそこで処理されたデータに従って駆動される。表示は正面パネル(42)上に現われる。計算機(61)はまたモータ(36)に電力を中継するモータ制御装置(78)に正転および逆転命令を与える。以下に詳述するようにモータ(36)の冷却を制御するために送風リンクが計算機(61)とモータ制御装置(78)との間にある。計算機(61)に

接続されてそれに制御されるタイマ(70)をモータ冷却の制御装置の一部として設ける。

第2図において、符号化板(33)は所定数の角増分で周縁の近くに複数の穴(79)を持つものとして示してある。好ましい実施例では穴(79)は角的に等間隔で、たとえば64個ある。単一のHOME穴(81)も周縁の近くに示してある。一連の角増分を示す穴(79)とHOME穴(81)とは組み合わせ(39)の光源と感光器との間を通る。符号化板(33)は軸(23)とともに、第1図の矢印2-2の方向に見たとき、矢印(82)で示す方向(時計方向)に回転される。

第3図には符号化板(33)の周縁における小部分を、種々の穴の間の位置関係を明瞭にするために、角的ではなく直線的に詳細に示してある。矢印(82)は時刻 $t_0$ の始発位置から出発して時計方向に回転する符号化板(33)の周縁部の運動を示す。時刻 $t_0$ においてHOMEパルス穴(81)の前縁は感光器と光源との組み合わせ(39)の感光器(83)を通りつつあり、HOMEパルスの前縁を発生する。同じ時刻 $t_0$ に穴(79)の1つの前縁が組み合わせ(39)の他の

感光器(84)を通りつつあり、パルス $\phi 2$ の前縁を発生する。同じく時刻 $t_0$ に組み合わせ(39)の第3の感光器(86)は穴(79)を通して組み合わせ(39)の光源に完全に露出されてパルス $\phi 1$ を発生する。パルス $\phi 1$ はパルス $\phi 2$ から変位していてそれよりとなり合った穴(79)の間の周期で測って $1/4$  サイクル( $\pi/2$ )進んでいることがわかる。第3図からまたHOMEパルス穴(81)は第5図を用いて後述する目的でとなり合った角増分を示す穴(79)の間の1完全サイクルをカバーする市になっていることがわかる。

第5図の回路図において、感光器と光源との組み合わせ(39)はそれぞれHOMEパルス、 $\phi 2$ パルス、および $\phi 1$ パルスを発生する感光器(83,84,86)を含む。この実施例における感光器は図示の発光ダイオード(87,88,89)によって駆動される。抵抗器R25,R26を含む分圧器が正電圧を増巾器Z27の非逆転(非反転)入力ピン(7)に供給する。増巾器Z27のピン(1)からの出力はしきい基準として作用してZ27の3つの付加増巾部のピン(9,11,5)に

供給される。したがってこれらはそれぞれ逆転(反転)入力ピン(8,10,4)においてHOMEパルス、 $\phi 2$ 、および $\phi 1$ を受け取る電圧比較器として作用する。このようにして感光器からの信号はある程度方形化され増巾される。方形化され増巾されたパルスはインバータ部Z10で逆転(反転)される。方形化され、増巾され、逆転された $\phi 1$ パルスはZ10のピン(14)に現れる。方形化され、増巾され、逆転された $\phi 2$ パルスはZ10のピン(4)に現れる。方形化され、増巾され、逆転されたHOMEパルスはZ10のピン(8)に現れる。第9図のタイミング図には第4図の入力条件づけ回路(57)で条件づけられ、インバータZ10のピン(2)に現れるパルス $\phi 1$ を示す。第4図のブロック(58,56)で条件づけられ、それぞれ第5図のインバータ部Z10の出力ピン(4,6)に現れる方形化され増巾された $\phi 2$ パルスとHOMEパルスも第9図に示す。パルス $\phi 1$ 用の入力条件づけ回路(57)はNANDゲートZ15の一部を含む。このゲートは増巾され方形化されたパルス $\phi 1$ を受け取ってそれと $180^\circ$ 移相

したパルス $\phi 1$ を発生する。パルス $\phi 1$ およびパルス $\phi 2$ は計算機(61)のそれぞれPORT 0 BIT 1およびPORT 0 BIT 2に供給される。

第9図のタイミング図に $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、HOMEパルスとして示した入力条件づけ回路(56,57,58)の出力は第5図のNANDゲートZ15の他のセクションの入力に送られる。これら3つの入力のすべてが高レベル状態のときNANDゲートZ15は負方向の出力をピン(12)に発生する。これは第9図のHOME位置パルスで、第5図のZ15ピン(12)にも示す。負方向HOME位置パルスの前縁は回転軸(23)の角基準位置を決め、計算機(61)のPORT 0 BIT 6に送られる。HOME位置基準は計算機によって力変換器(29,31)が検出した力ベクトルの相対位相を計算するのに用いられる。

第5図ではまた入力条件づけ回路(57,58)の出力 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ が“4倍化”回路部(62)の排他的ORゲートZ11の入力に供給される。2入力排他的ORゲートは2つの入力と同時に同じレベル、たとえばともに高レベル状態にあるときだけ低レベル

状態出力を発生する。第5図のORゲートZ11のピン(3)からの出力は第9図には“2倍化”(×2)出力として示してある。“2倍化”出力はワンショット装置Z12の一部のピン(2)と、同じくワンショット装置Z12の他の一部のピン(9)として送る。ピン(9)への入力によって駆動されたワンショット部はZ11のピン(3)からの“2倍化”出力の負方向縁にZ12のピン(5)において約150マイクロ秒の短いパルス出力を発生する。ピン(2)における入力で駆動されたワンショット部Z12はZ11のピン(3)からの“2倍化”出力の正方向縁に出力ピン(13)において150マイクロ秒のパルスを発生する。ワンショット部からのこれらの交互の150マイクロ秒スパイクは排他的ORゲートZ11の他の部分の別々の入力に供給される。第5図に示すように、排他的ORゲートZ11のピン(6)における出力は交互の入力パルスのおのおのによって高レベル状態に駆動され、第9図に示すようにピン(6)に“4倍化”(×4)出力を発生する。排他的ORゲートZ11の他の部分はインバータとして用いら

ル스가計算機(61)のPORT 8 BIT 0からトランジスタQ1のベースに供給される。制御パルスによってQ1がしゃ断されると、固体トライアックCR1は導通してモータ(36)の正回転コイルを駆動する。モータ(36)はそのコイルを逆に駆動すると制動される。逆作用を行なう制御パルスは計算機のPORT 8 BIT 2からトランジスタQ3のベースに供給される。トランジスタQ3がしゃ断されると、固体トライアックCR4が駆動されてモータの逆回転コイルを駆動する。モータ(36)は大電力装置なので、短時間で所定の回転速度が得られる。モータはまたモータの巻線に供給された適当な電力によって制動されるので、モータ内で大電力の消費が起こる。したがって、モータに冷却用送風機を設けて計算機のPORT 8 BIT 3からの信号をトランジスタQ4のベースに送って制御する。トランジスタQ4がしゃ断されると、固体トライアックCR2が駆動されてAC電力を送風機を駆動するモータのコイルに送る。

第6図の回路図は右および左力変換器(31,29)

れ、入力ピン(9)において“4倍化”出力を供給され、他の入力ピン(10)において正電圧が供給される。その結果排他的ORゲートZ11のピン(9)における“4倍化”入力の各正方向スパイクは出力ピン(8)に負方向スパイクを発生する。円板(33)が64個の穴(79)を持つと、軸(23)の1回転ごとに256個の負方向パルスが発生される。逆転された“4倍化”出力はPORT 0 BIT 7における縁(EDGE)パルスとして、および正の中断(INTERRUPT)パルスとして計算機(61)に供給される。

第5図ではまたクロック回路成分Z16がそれに連携した回路とともにタイマ(79)として働いてピン(3)に出力を発生する。タイマは計算機(61)のPORT 0 BIT 0からのSTART TIMER パルスによって駆動される。タイマの出力(TIMER OUT)は計算機(61)のPORT 0 BIT 5に送られ、モータ(36)の制御と後述のようなモータ(36)用冷却送風機の回転として用いられる15秒指示を発生する。

第5図ではまたモータ制御部(78)は軸(23)用のモータ(36)の駆動を制御する回路を含む。制御パ

からの信号用の回路の入力部を示す。右力変換器(31)からの信号は入力条件づけ回路(64)内の増巾器Z23の非逆転入力ピン(3)に送られる。マルチプレクサZ1が入力抵抗器R48-R52の1つを選んで増巾器Z23の利得を調整する。マルチプレクサZ1は計算機(61)のPORT 9 BIT 4,5,6からの利得選択信号によって制御される。したがって増巾器Z23のピン(6)における出力の振巾は計算機によって制御され、増巾器Z24の一セクションの入力ピン(2)に送られる。増巾器部Z24のピン(1)における利得は入力抵抗器R62,R63およびフィードバック抵抗器R65の関数である。ピン(1)における利得は計算機のPORT 9 BIT 7から第4.6図のレンジ制御装置(65)として示されるレンジマルチプレクサZ3のピン(10)に送られたレンジ制御信号によって制御される。レンジマルチプレクサZ3は増巾器Z24の入力ピン(2)における抵抗器R63とR62との直列結合から抵抗器R62を除去する。抵抗器R63,R62は4:1の利得変化が得られるように適当な値を持つ。したがって、条件づけられ増巾され

た右力変換器信号が増巾器Z24の出力ピン(1)に発生され、第4.6図に(66)で示されるマルチプレクサZ4の入力ピン(14)に送られる。

左力変換器(29)からの電気信号も右力変換器からの信号と同じようにして条件づけられる。左力変換器信号は増巾器Z22の非逆転入力ピン(3)に送られる。マルチプレクサZ2が増巾器Z22の入力ピン(2)における抵抗器R42-R46の所定の直列結合をつくる。右力変換器信号に対して増巾器Z23の利得を制御したのと同じ方法で計算機(61)がPORT 9 BIT 1,2,3から制御信号を発生して入力条件づけ回路(63)中の増巾器Z22のピン(2)における所望の入力インピーダンスを選択し、出力ピン(6)における利得を制御する。第6図でマルチプレクサZ3として示されたレンジ制御装置(65)は以下のように増巾器Z24のピン(7)における増巾レンジを選ぶ。レンジマルチプレクサZ3が増巾器Z24のピン(6)における入力抵抗R56を保持すると、高レンジが選択される。逆に、レンジマルチプレクサが増巾器の入力から抵抗R56を除去する

この信号は第4.6図で(67)して示すA-D変換器Z9の入力ピン(12)に送られる。

A-D変換器Z9は3状態装置であって、活動モードでは高または低で、不活動モードのときは高いインピーダンスを示す出力ビットを発生する。RAM(68)中の装置Z7,Z8も3状態装置である。A-D変換器Z9およびRAM装置Z7,Z8は交互に駆動される。したがって、A-D変換器の8ビットデジタル出力は同じデータバス上でRAM(68)からのデータと結合することができる。デジタル化された力変換器信号は変換器Z9のピン(1-4,13,14,16,17)に現れ、計算機(61)のPORT 4 BIT 0-7に送られる。RAM(68)は計算機のPORT 1 BIT 0-3からアドレスされ、データバスに記憶データを供給し、計算機のPORT 4 BIT 0-7に送られる。

RAM(68)は、装置に電力供給が切れたときまたは故意にシャ断されたとき記憶データが失なわれるのを防止する回路(69)(第6図)に結合されているので、持久RAMと呼ばれる。電池(71)は適当なDC源から抵抗器R40を経て細流充電され、本実

と低レンジが選択される。増巾器Z24のピン(7)における左変換器信号の増巾は同様の入力抵抗に対して増巾器Z24のピン(1)における右力変換器信号の増巾の約2倍である。左力変換器が発生する信号は右力変換器が発生する信号より本性的に小さいので、回路はこのように構成する。このことは第1図からわかる。第1図ではタイヤとリムとの組み合わせ(21)のような回転体によって装置に加わるアンバランス力は、左力変換器における長いレバーアームによって右力変換器における短いレバーアームに必要な力より小さい力でつりあわされることは明らかである。左力変換器からの増巾された電気信号は第4.6図で示したマルチプレクサZ4のピン(13)に供給される。

右および左力変換器からの条件づけられた信号はマルチプレクサZ4に送られて交互にA-D(A/D)変換器Z9に送られる。マルチプレクサZ4は計算機(61)によってPORT 1 BIT 0,1,2から制御され、交互に条件づけられた右力変換器信号と条件づけられた左力変換器とを選び、出力ピン(3)に通す。

施例ではツエナーダイオードCR9で7.5ボルトに調整される。充電エネルギーはダイオードCR10を通して電池(71)とRAM(68)の電力入力ピンに送られる。DC電力供給が止まると、電池(71)が電力の供給を続けて記憶装置にデータを保持する。RAM(68)は利得マルチプレクサZ1,Z2においてなされた利得選択の設定と、式(8)の4つの調整定数と、上に論じた4つの零軸アンバランス定数とを記憶する。

A-D変換器(67)は2分化(2で割る)回路Z13を経て2メガサイクルクロックに結合される。A-D変換器(67)のピン(7)における駆動入力計算機(61)のPORT 1 BIT 6に接続される。巾が2マイクロ秒程度のきわめて短いパルスがA-D変換器(67)を始動させるのにその入力ピン(8)に必要である。このパルスは10マイクロ秒パルスを計算機(61)のPORT 1 BIT 5からインバータZ6の入力ピン(11)が受け取ることにより得られる。逆転された10マイクロ秒パルスはコンデンサC25と抵抗器R36とを含む回路によって微分する。逆転パルス

の險しい前縁によって負方向スパイクが得られて第2インバータZ6の入力ピン(13)に送られ、その出力ピン(12)に方形化された正方向の約2マイクロ秒のスパイクが得られる。

第7図は入力スイッチおよびキーボード(74)から25個の入力を受け取るマルチプレクサ(76)を示す。キーボード(51)(第1図)は16個までのそのような入力を発生し、表示モードスイッチ(44)は4つのスイッチ入力を発生し、機械モードスイッチ(43)は3つのスイッチ入力(存在する可能性のある4つの自己テスト入力とともに)を発生し、スタート/回転スイッチ(45)は1つの入力を発生する。正面パネル(42)からの25個の入力は計算機(61)からの5ビットアドレスに指合されているマルチプレクサ(76)によって順次走査される。この実施例ではアドレス線は計算機のPORT 1 BIT 0, 1, 2 および PORT 5 BIT 0, 1 に接続されている。各走査された入力からの出力は計算機のPORT 5 BIT 7 に送られる。ばね偏圧常開停止スイッチ(73)が計算機(61)の停止中断ポートに接地信号を送る。

接続する。CPU Z21 にはおののBIT 0 - 7 を持つPORT 0, 1がある。

第10図に計算機(61)によって行なわれるプログラム命令の一般化した流れ図を示す。計算機(61)は第11-13図の流れ図にもっと詳細に示した制御走査と記憶作用とを行なう。制御走査はある機能が選択され検出されて他のルーチンを実施するまで繰り返される。スタート選択が計算ルーチンを開始させる。計算またはスタティック/ダイナミックスイッチ選択および表示モードの変化が再計算命令を計算ルーチンに行なわせる。計算ルーチンは計算が完結するとプログラム制御走査部に情報を与える。制御走査はまた上記のように適当なスイッチの選択によって停止中断を開始するか、同じく上述のように位置中断ルーチンを開始する。情報は、停止また位置中断ルーチンが完結すると、全プログラムの制御走査および記憶部に与えられる。後述のように位置中断ルーチンから制御走査、停止中断、または計算ルーチンへの復帰が行なわれる。計算ルーチンは位置中断ルーチンが行なわ

スイッチには保護連動スイッチ(72)があって、回転軸(23)に取り付けた回転体の保護装置(図示しない)が保護位置から持ち上げられたときに、接地信号を計算機(61)の停止中断ポートに送る。マルチプレクサ(76)は各ライン走査の間25入力のおののを監視する。各走査の間の駆動されないスイッチの一連の高レベル信号状態と駆動された低レベル信号状態とはPORT 5 BIT 7の出力に設定データを与える。このようにして計算機はプログラムルーチンの制御スイッチによって選ばれた部分を実施する。

第8図に計算機(61)の構成図を示す。第8図の計算機はフェアチャイルド社のF8装置で、RAMを含む中央処置装置(CPU)Z21を含む。CPUは読取専用記憶装置(ROM)を含む1対の周辺入力出力(PIO)装置Z19, Z20に結合する。停止中断命令はおののBIT 0 - 7を含むPORT 8, 9を持つPIO部Z20に与えられる。位置中断信号はおののBIT 0 - 7を含むPORT 4, 5を持つPIO部Z19に与えられる。データバスをPIO装置Z19のPORT 4 BIT 0 - 7に

れるか、停止中断ルーチンが行なわれるか、制御走査が続行されることを要求する。プログラム流れ図のこれらの主要部で表わされたルーチンの詳細は各重要プログラム部に関連した表示された図に示されている。

第11図に制御走査ルーチンの一部を示す。電力がまず装置に供給されたとき電源投入リセット操作がプログラムで行なわれる。持久RAM(68)以外のすべてのレジスタとすべての表示装置とはリセット操作によって払われる。正常協作ではプログラムの点Aは後に示すサブルーチン中の点から導入される。それからマルチプレクサ(76)中の符号(コード)が機能キーループ中の多重変換(マルチプレクス)された入力の1つを抜き取る(サンプル)ようにセットされ、機能キーが選択されたかどうかについて質問がなされる。答がノーであると、これが機能キーループ中の監視すべき最後の符号であるかどうかについて質問がなされる。このループの各符号走査において5つの符号がある。これらの符号は試験すべき回転体の巾、オフ

セット、および直径のパラメータとスタティック／ダイナミックおよび計算キーボード選択に関係する。機能キー選択なしに5つの符号の最後のものが走査された後にオフセット、巾および直径の3つのパラメータのどれかの計算機中のフラッグがセットされたかどうかについて質問がなされる。パラメータフラッグのセットは、計算機中の、特定のパラメータに関して受け取った部分的すなわち不完全な入力の実表示または前記3つのパラメータの1つのデータが入力されつつあることの表示である。

パラメータフラッグのセットの答がノーであれば、ルーチンは図示のように点Bに進む。パラメータフラッグのセットがイエスであると、マルチプレクサ(76)中の符号は番号キーループ中のマルチプレクサの入力の1つを抜き取るようにセットされ、番号キーが選択されたかどうかについて質問される。答がノーであると最後の番号の符号が走査されたかどうかについて質問される。10個の番号キーがあるので最後の符号は第10番の符号

れる。答がノーであると、スタティック／ダイナミックキーが選択されるかどうか質問される。答がイエスであると、新しい状況セットが指示され、ルーチンは点Cにおける計算に行く。答がノーであると、機能符号が記憶され、それからパラメータフラッグがセットされる。表示は消され、ルーチンは前述の番号キーループ部に進む。

第11図の記憶サブルーチンの実行は2点で指示され、その状態を第12図に詳しく示す。記憶サブルーチンが開始され、オフセット選択がなされたかどうか質問される。答がイエスであると、2進符号化10進選択が2進に変換され、選択が限界内であるかどうか質問される。答がノーであると表示(54)が消され、ルーチンは第11図のサブルーチン中の点Hにもどる。答がイエスであるとオフセットが記憶され、パラメータフラッグがリセットされ、ルーチンは第11図に示す適当な点にもどる。

オフセット選択の質問に対して答がないと、巾または直径の実表示装置(52,53)のどの空白の実表示窓にも零を書き込み、その結果得られた2進符号

である。したがって番号キーループは10回繰り返され、番号キーを捜す10番の指令の後どの番号キーも選択されなければルーチンは図示のように点Bに進む。番号キーが選択されたときはキー符号は記憶され、3番が選択されたかどうかについて質問される。パラメータのセットに3ケタの入力を用いる。3番が選択されないとルーチンは番号キーループにもどって完全なパラメータ番号を捜す。3番が選択されると、記憶サブルーチンがこのパラメータのセット値に対して実行される。それからルーチンはB点にもどる。

機能キーが機能キーループに関するルーチンの部分で選択されていると、パラメータフラッグがセットされていたかどうかさらに質問される。答がイエスなら、この機能キーに対して記憶サブルーチンを行なう。それから計算キーが選択されているかどうか質問される。パラメータフラッグがセットされないと計算キーが選択されているかどうか直接質問する。答がイエスであるとルーチンは図示のように点Cにおける計算へ行かせら

化10進パラメータのセットを2進形に変換する。次に巾または直径のパラメータを質問する。巾パラメータが選択されていると、巾のセットが所定の限界内であるかどうか質問する。答がノーであると、ルーチンは第11図のサブルーチンの点Hにもどり、表示(53)は消される。答がイエスであると、巾のセット値は記憶され、パラメータフラッグはリセットされ、ルーチンは上述の適当な点にもどる。直径パラメータが選ばれたときは、セットが所定の限界内かどうか質問され、答がノーであると、表示(52)は消され、ルーチンは第11図のサブルーチンの点Hにもどる。答がイエスであると直径の値が記憶され、パラメータフラッグがリセットされ、ルーチンは第11図のルーチンの適当な点にもどる。

第13図においてプログラム流れ図は第11図の点Bに対応する導入点Bを持つ。ルーチンのこの点においてマルチプレクサ(76)符号は、表示モードスイッチ(44)と機械モードスイッチ(43)とを監視することによってスイッチループ中の多重変換さ

れた入力の一つを抜き取るようにセットされる。マルチプレクサ(76)の出力がスイッチのセット(設定)が選択されたことを示すかどうか質問される。答がノーのときは、これがルーチンのこの部分における質問すべき最後の符号であるかどうか質問する。スイッチループ質問の間に抜き取られるべき8つのスイッチの設定がある。上述のように表示モードスイッチ(44)に4つの設定と機械モードスイッチ(43)に可能な4つの設定がある。スイッチの1つが選択されると、スイッチの状況が計算され、状況レジスタ中のその時点の状況と比較される。状況レジスタを第14図に示す。それは表示モードスイッチおよび機械モードスイッチの設定に関する状況を含む。表示がオンスに関するものであると、第3ビットは零になる。表示がグラムであるとそれは1になる。表示モード量が最も近いオンスまたはグラムに丸められると、第2ビットは零になる。しかし丸めを行なわないとそれは1になる。さらに、状況レジスタは第4、5ビットに選ばれた機械モードの表示を含む。図

とマルチプレクサ(76)から次のスイッチの状況を検査する。だい14図の前にセットした状況との比較によって図示のように状況が変っていると、変っているのは表示モードかどうかを質問する。答がノーであると、ルーチンは最後の符号の質問にもどる。答がイエスであるとルーチンは点Cに示すように計算部にもどる。

マルチプレクサ(76)に走査された8つのスイッチ符号の最後のものが検査されて“最後の符号”の質問に対する答がイエスであると、マルチプレクサ(76)は回転開始スイッチの状況の監視に進む。回転開始スイッチが押されていると、ルーチンは第15図にDとして示した回転開始点にもどる。回転開始スイッチが押されていないと、タイマレジスタが零を示すかどうか質問する。タイマレジスタには、第13図に示すタイマループで機能する15秒タイマ(70)から所定の全時間をプリセットする数がいっている。たとえば、タイマループを5分にセットする必要があるときはタイマレジスタには20カウントを入れる。タイマレジスタが零

示のように、第4、5ビットは施行モードでは11、調整モードでは01、零軸アンバランスモードでは00となる。上に示唆したように、自己テストモードを行なうと、選択されたとき第4、5ビットは1、0となる。

状況レジスタの第6ビットはスタティックまたはダイナミックアンバランス情報が選択されたかどうかを示す。ダイナミック情報が必要なときはレジスタの第6ビットは零となる。第6図のレンジマルチプレクサ(65)で低レンジが選択されると第7ビットは零になる。逆に高レンジのときには第7ビットは1になる。直径、巾、オフセットの3つのパラメータの1つがいれると、レジスタの第1ビットは1、どのパラメータも導入されていないとそれは零になる。

状況が計算されて第14図の状況レジスタに含まれている前の状況と比較された後、状況が変っているかどうか質問する。答がノーであると、これがスイッチループで検査すべき8つの符号の最後のものであるかどうか質問する。答がノーである

カウントでないと、15秒タイマ(70)がオンかどうか質問する。答がイエスであるとルーチンは第11図の点Aにもどる。答がノーであると、タイマ(70)を再出発させタイマレジスタから1カウント減らす。それからルーチンは第11図の点Aにもどる。タイマレジスタが最終的に零カウントに達すると、送風機停止出力符号が計算機(61)から送られてモータ(38)用の冷却送風機の回転を停止する。このようにしてこの例では、モータスタートスイッチが停止位置にあることが検出されて後モータの冷却送風機は5分間運転状態に維持される。

第15図の流れ図は計算ルーチンの一部を示し、第13図の点Dから始める。回転開始スイッチが選択されると、回転開始命令が発生されて回転軸(23)用の加速ルーチンが開始される。加速ルーチンは回転軸の速度を測定し、速度がタイマ(70)で規定される15秒間以内に所定レベルに達しないとプログラムが停止命令を出してルーチンは第11図の点Aにもどる。15秒間以内に所定の速度レベルに達すると選択された機械モードが質問される。



機械モードスイッチ(43)が調整位置にセットされると、レンジマルチプレクサ(65)は低レンジを与えるようにセットされ、入力条件づけ回路(64,68)内の利得制御マルチプレクサZ1,Z2はそれぞれ選択されて実質的に同じ左右力変換器スケールファクタ(単位アンバランス力当たりの信号の大きさ)を発生する。上述の面P1,P2内のアンバランス力の位置からのレバーアームの差によって右力変換器からの信号レベルは左変換器からの信号レベルより大巾に高い。利得制御マルチプレクサZ1,Z2の選択された増巾利得値は持久RAM(68)に記憶される。それからプログラムは後にもっと詳述する質問ルーチンに進み、右および左変換器信号の正弦および余弦を表わすファクタを含む、誤差が補正されていない、加算して丸めたデジタル組み合わせを発生する。正弦および余弦ファクタを含むこれらの量は第15図に示すように  $E_{rxu}$ ,  $E_{ryu}$ ,  $E_{lxu}$ ,  $E_{lyu}$  で表わす。次に機械モードが施行モードにあるかどうかについて質問する。このとき答はノーで、機械モードスイッチが調整モードにあ

るかどうかについて質問する。この例では答はノーである。次に機械モードスイッチが調整モードにセットされたかどうか質問する。このばあいには、零モードにセットされているので、答は再びノーである。第15図のルーチンのこの点において、積分ルーチンで加算された正弦および余弦成分を含むデジタル結合として得られた積分は第15図に示すように  $E_{rxo}$ ,  $E_{ryo}$ ,  $E_{lxo}$ ,  $E_{lyo}$  として表わす軸アンバランス積分として記憶される。それから、調整モードで得られた記憶された補正しない積分  $E_{rxcu}$ , ... を検索して軸アンバランスを補正し、補正された調整積分  $E_{rxc}$ ,  $E_{ryc}$ ,  $E_{lxc}$ ,  $E_{lyc}$  を得る。上記の計算式として式(8)に関して説明したように、調整定数は補正された調整積分から計算され、ルーチンは点Eに進む。

第16図からわかるように、Eに示すルーチン中の点は調整定数が持久RAM(68)に記憶されている点の位置にある。この点においてチェック和が計算される。チェック和は4つの記憶された軸アン

バランス積分と4つの記憶された計算された調整定数と記憶された利得の設定との和を零から引くことによって得られる。負数のチェック和が得られる。そうするとこれらの値を持久RAM(68)から呼び出し、チェック和に加えると零になる。チェック和もRAM(68)に記憶する。それから減速サブルーチンを入れ、ルーチンを第11図の点Aにもどす。調整ラン(施行)をまず行ない、既知のアンバランス重りを回転軸に取り付けて第6図の利得マルチプレクサZ1,Z2を説明のようにセットする。同じ利得を他の調整ランが行なわれるまで零調整モードとすべてのそれに続く施行モード操作に用いる。第15図からわかるように、機械モード決定が零軸アンバランスモードが選択されたことを示すと、レンジマルチプレクサ(65)は再び低レンジにセットされ、調整ルーチンの間選択され持久RAM(68)に記憶された利得値は検索されて第6図の利得制御マルチプレクサZ1,Z2にセットされる。積分ルーチンがそれに続き、アンバランス測定を与える。施行モードが機械モー

ドモード決定が零軸アンバランスモードが選択されたことを示すと、レンジマルチプレクサ(65)は再び低レンジにセットされ、調整ルーチンの間選択され持久RAM(68)に記憶された利得値は検索されて第6図の利得制御マルチプレクサZ1,Z2にセットされる。積分ルーチンがそれに続き、アンバランス測定を与える。施行モードが機械モー

ドモード決定が零軸アンバランスモードが選択されたことを示すと、レンジマルチプレクサ(65)は再び低レンジにセットされ、調整ルーチンの間選択され持久RAM(68)に記憶された利得値は検索されて第6図の利得制御マルチプレクサZ1,Z2にセットされる。積分ルーチンがそれに続き、アンバランス測定を与える。施行モードが機械モー

た右力変換器信号を採用してA-D変換器(67)を駆動する。デジタル化された右力変換器アンバランス信号はデータバス上にデジタル語として得られる。符号化パルスは第5図の“4倍化”回路(62)から得られる。このパルスはHOME位置パルス(第9図)に関する角方位情報を与える。デジタル化された右変換器アンバランス力に計算機(61)のROM位置から検索した数を掛ける。検索された数は得られた符号化パルスによって示された角の正弦を表わすので、正弦成分を含む量が乗算によって得られる。この量は前の“観察”点で軸の1回転の間に得られた類似の量の和に加算する。デジタル化された変換器アンバランス力にはまた符号化パルスによって示された角の余弦を表わす数を掛ける。正弦量におけると同じように、この積を軸の処理回転の間に前に得られた余弦量の和に加える。余積分ルーチンは左力変換器信号の前記手続きの繰返しを含み、左変換器アンバランス力のデジタル化、符号化パルスから角方位を得ること、記憶装置からの正弦を表わす値の検索、

正弦処理(乗算)、正弦を表わす量の加算、記憶装置からの余弦を表わす値の検索、余弦処理(乗算)、および余弦を表わす量の加算を含む。アンバランス力に対応する変換器信号の基本成分のx成分およびy成分はこうして得られる。

デジタル化された力アンバランス信号の処理に用いられる正弦および余弦を表わす値は計算機(61)内の記憶装置に永久的に記憶し、軸(23)の回転の対応する角増分においてそれから検索する。標本理論から、基本周波に対して各サイクルごとに少なくとも2つの標本(2つの角増分を画定する)をとることが必要である。抜き取られた波形により高い周波が存在すると、各サイクルにより多くの標本が必要である。さらに、測定によりよい分解能と精度とを得るために各サイクルにより多くの標本が望ましい。標本数の上限は処理できる成分の費用と速度によって決まる。

記憶された正弦および余弦を表わす値は一般に抽出関数と呼ぶ。本実施例では64個の穴(79)を符号板(33)につくった。したがって軸(23)の1完全

回転に64個の角増分がある。これは全積分ルーチンは軸の1回転に対して64回、すなわち1/4回転に対して16回繰返しすることを意味する。この例においては角増分はしたがって約 $5.02^\circ$ である。各角増分に対して選択された抽出関数正弦および余弦値は特定の角に対する近似にしか過ぎない。これらは、デジタル化された力アンバランス信号を抽出関数で処理することによって得られたフーリエ係数に調和成分の最小の寄与をさせるためによく選択されたものである。表Iは軸(23)の各回転の第1象限における16個の増分に対する積分ルーチンに用いられる、2進および10進形の、正弦を表わす値を示す。2進数は2進に1レベルにセ1トされた2を越えないビットを持つことがわかる。この形の抽出関数のグラフ表示は第19図に階段正弦近似曲線(101)として示し、純粋の4半正弦波(正弦波の1/4)の曲線(102)と比較する。

表 I

角増分	か	ま	正弦値	2	10
	ら	で		進	進
0	0	5.62°	0	0000 0000	0
1	5.62	11.19	0.094	0000 0110	6
2	11.19	16.81	0.187	0000 1100	12
3	16.31	22.43	0.250	0001 0000	16
4	22.43	28.05	0.370	0001 1000	24
5-6	28.05	39.30	0.500	0010 0000	32
7-10	39.30	61.80	0.750	0011 0000	48
11-15	61.80	90	1.000	0100 0000	64

この例で最大の正弦値は10進数で64の大きさであることに注意されたい。これより小さい値は最大値の端数(フラクション)を表わす。たとえば10進数の32は0.5の正弦値を表わし、これは正確に第1象限の $30^\circ$ の角(または第4象限の $330^\circ$ )だけに対するものである。前述のようにこれらの値は、フーリエ級数の基本周波に対するフーリエ係数を表わす正弦および余弦成分を含む加算された量に対する調和成分の寄与を抑さえる目的で、1つまたはそれ以上の特定の角増分の間適用する

ように慎重に選んだものである。1組の抽出関数の調和成分に対する寄与の程度を表Ⅱに示す。この表は、アンバランス力がHOME位置と一致し、力アンバランス信号が純粋な正弦波のときの加算された量の調和成分を示す。

表Ⅱ

調和成分	正弦成分	余弦成分
基本	1.02794	0
第2	0.00000	"
第3	0.06999	"
第4	0.00000	"
第5	0.01393	"
第6	0.00000	"
第7	0.00037	"
第8	0.00000	"
第9	0.02505	"

次に本発明の装置によるデジタルアンバランス力信号の処理の詳細を説明する。表Ⅰの2進形の各デジタル正弦係数は1つの状態にセットされた1ビット、またはせいぜい2情報ビットだけを含む。このようなビットは以下では基本的に関心の

“加算”と示したところでは、処理のこの点におけるデータは積分レジスタに加えられる。新しいデータは表示のように各角増分に対して演算が行なわれる。

表Ⅲ

角増分	デジタル正弦係数	必要な演算
0	0	
1	110	左に1回シフト 加算 左に1回シフト 加算
2	1100	左に2回シフト 加算 左に1回シフト 加算
3	10000	左に4回シフト/加算
4	11000	左に3回シフト 加算 左に1回シフト 加算
5-6	100000	左に5回シフト/加算
7-10	110000	左に4回シフト 加算 左に1回シフト 加算
11-15	1000000	左に6回シフト/加算

あるビットと呼ぶ。この構成の目的は信号の処理（すなわち乗算）に必要な実行時間を減少させることである。したがって2つのデジタル化された力変換器信号の各演算は軸(23)の各回転における64個の角増分のおおののの間に行なうことができる。時間の節約の例として表Ⅲは、デジタル正弦関数、つまり抽出関数とデジタル化されたアンバランス力出力データとを掛け合わせて左または右力変換器の正弦成分を含む積分を得るとき、軸(23)の90°の角回転の間になされるすべてのレジスタのシフトとその他のステップとを示す。正弦成分を含む積分が各右および左変換器に対して得られ、余弦成分を含む積分は各角増分の間に各左右変換器に対して得られるので、各演算は軸が表ⅠおよびⅢの左欄の各角増分を通るとき4回行なわれる。したがって本例では軸(23)の各回転に対して256のシフトと加算が行なわれなければならない。表Ⅲの右欄の“必要な演算”は各角増分に対してデジタル化されたアンバランス力出力データに対して行なわれてデータの処理をする。

まとめると、A-D出力レジスタがデジタル化されたデータを取り入れる。疑似正弦および余弦値を含む計算機(81)中のROMは計算機にアドレスされて軸(23)が現在位置している角増分に対応する正弦および余弦値を検索する。現在の角増分に対応する表Ⅲの演算はデータA-D出力レンジ中のデータに行なわれ、得られた積は積分レジスタに加えられて各増分に対して4つの和が得られる。

通常の乗算がデータ検索、データ記憶、および少なくとも最も重要なビット系列中の各ビットに対する一連のデータ加算を含む手続きであると考えられるとき、表Ⅲから、時間のかかる記憶操作と通常必要なたいていの加算は本手続きには必要がないことと、本例では加算はいずれのばあいにも2回を越えることはなく、時には1回だけでよいことがわかる。加算手続きの1つはつねに積分レジスタ中の必要な加算で行なわれるので、疑似正弦または余弦値とデータ語との乗算を含む実際の手続きは最大限1つの加算手続きを含むだけである。たとえば、軸(23)が3つの角増分回転してい

る間のデジタル化されたアンバランス力量の処理に対しては、CPUに含まれるRAMレジスタ中のデジタル化されたアンバランス力信号は左に4回シフトして積分レジスタに加えさえすればよい。これによって乗算積量が0.25の正弦値を表わすファクタを含む積分レジスタに与えられる。このようにしてすべて必要な計算手続きは計算機(61)によってなされるとともに回転体は比較的高速で回転できるので、回転体によって発生されたアンバランス力の精密な測定ができる。

計算に許される時間がきびしく制限されているときには、ここに説明した方法はおのおの1ビットだけの情報を持つ1組の抽出関数によって実行することができる。1ビット抽出関数に対して選択された1組の正弦を表わす値を表IVに示す。

表 IV

角増分	か	ら	ま	で	正弦値	2進	10進
0	0°		5.82°		0	0000 0000	0
1		5.82		11.19	0.0156	0000 0001	1
2		11.19		16.81	0.0312	0000 0010	2
3		16.81		22.43	0.0625	0000 0100	4
4		22.43		28.05	0.1250	0000 1000	8
5-6		28.05		39.30	0.2500	0001 0000	16
7-10		39.30		61.80	0.5000	0010 0000	32
11-15		61.80		90.00	1.0000	0100 0000	64

表IVの抽出関数値の計算機(61)内の記憶装置に記憶され、検索されて、表Iの値を同じようにして、軸回転の所定の角増分においてデジタル化された力変換器信号を処理するのに使われる。本件における各処理操作は、デジタル化された力アンバランスデータをRAMレジスタ中で、結果を積分レジスタに加える前に、所定回数左へ単にシフトさせるだけで行なわれる。たとえば10進数2を処理するためには左へ1回シフトし、10進数8を処理するためには左へ3回シフトさせる等である。

表IVの1ビット抽出関数による調和成分の寄与を表Vに示す。表IIにおけるように、アンバランス力は110ME位置と一致する純粋な正弦波である。

表 V

調和成分	正弦成分	余弦成分
基本	0.83025	0
第2	0.00000	"
第3	0.19950	"
第4	0.00000	"
第5	0.02116	"
第6	0.00000	"
第7	0.01560	"
第8	0.00000	"
第9	0.06245	"

表Vからわかるように、1ビット抽出関数による第3調和成分のデータへの寄与は比較的高い。しかしあるばあいにはこれは許される。基本成分は容易に正規化できる。抽出関数は情況に適合させることができるので、処理に許される実行時間と処理すべきデータの量とによって抽出関数中の

最も関心のある任意数の情報ビットとともに任意数の角増分が使えるということを示すために1ビット抽出関数を用いた。たとえば、2進形で表わされたデジタル正弦および余弦係数は、精度が要求されて時間が許されるなら、最も関心のある3つのビット(1にセットされたビット)を持つことができる。

もう一度第15図にもどって、積分ルーチンが完結した後に機械モードスイッチが施行位置に選択されたかどうか質問する。答がイエスであると、積分ルーチンで得られた積分は、それから、装置が零軸アンバランスモードのとき得られた記憶された軸アンバランス積分  $E_{rx0}$ 、...を引き算することによって軸アンバランスの補正がなされる。こうして軸アンバランスの補正をされた積分は  $E_{rx}$ 、 $E_{ry}$ 、 $E_{lx}$ 、 $E_{ly}$  と表わされる。それから、記憶された軸アンバランス積分と記憶された調整定数とは利得制御増巾器の記憶された利得設定と加算され、チェック和に加えられて持久RAM(68)中の記憶されたデータを検証する。RAMが検証さ

れると、回転体のアンバランス回転から得られる右および左変換器信号のxおよびy成分は上記の式(9)および(10)のようにして計算される。ルーチンは点Gに進み、第16図の減速サブルーチンにはいる。

次にスタティックアンバランス測定が選択されたかどうか質問する。答がイエスであると、スタティックアンバランス計算が式(15)のようになされる。答がノーであると、面分離計算が計算機(81)内で式(11)、(12)のようになされる。スタティックアンバランス計算か面分離計算かが完結した後に直角座標データを式(13)で極座標に変換する。それから左右両面P1、P2に対して式(14)によって力を重りに変換する。ダイナミックアンバランス測定ときには一般に両面P1、P2につりあわせ重りを付ける。スタティックアンバランス測定ときには、1つの面だけに物理的に重りを付けるのには困難が伴うならば両面の同じ直径に重りを付けてもよいが、特徴的には1つの面、たとえば右の面P2だけにつりあわせ重りを付ける。2進

ルーチンは“4倍化”回路(82)(第4図)からの位置中断パルスによってトリガされ、軸(23)の各回転に対して256回開始される。第5図から計算機(81)は逆転 $\phi 1$ パルスと非逆転 $\phi 2$ を供給されることがわかった。これらのパルス列は第9図に示す。これらのパルスは計算機中の符号化器状態レジスタに送られる。回転体がアンバランス測定速度の半分にわたって減少し、位置中断ルーチンが開始されると、HOMEパルスが検出されたかどうかまず質問される。答がノーであると、最後の符号化器状態が符号化器状態レジスタから検索され電流符号化器状態と比較される。比較によって検出されたシーケンスによって時計方向または反時計方向の回転データが得られ、第9図からわかるように、符号化器状態(すなわち $\phi 2$ および $\phi 1$ パルス)は各新しい位置中断パルスによって変る。そうすると回転が反時計方向かどうか質問される。答えがノーであると回転は時計方向である。これは車輪がまだ“回転”方向に回転していることを意味する。それから0-255カウントのレン

重り信号は2進符号化10進形に変換し、コンソール(41)の正面パネル上の左右重り表現装置(46、47)を駆動するのに用いる。それからルーチンは第11図の点Aにもどる。正面パネル(42)上の左右位置指示装置(48)はバー指示装置で、回転体の重り点が左右リムのおのおのに対して軸(23)の中心から鉛直下方の位置にあると仮定するので、光は指示装置の中心にある。これが軸(23)の鉛直上方の便利な位置につりあわせ重りを取り付ける点を回転体上につくる。スタティックアンバランス測定が選択されたときには、左右両位置指示光は一緒に動き、光が中心にきたとき重りを軸(23)の鉛直上方に一面または両面に取り付け、重心が軸(23)の鉛直下方にある回転体のアンバランス質量をスタティックにつりあわせる。

第17図は位置中断ルーチンで、本実施例では回転速度の半分から零速度まで減速ルーチンの間に行なわれる。位置中断ルーチンはそれから軸(23)が次の回転のためにスタート/回転スイッチ(45)によって加速を命令されるまで有効である。この

ジを持つ軸位置レジスタが増進される。HOME位置に対する左右アンバランス重り角が式(13)で表わされるように計算機(81)によって計算され、左右計算角レジスタに記憶されている。軸位置レジスタと各左右計算角レジスタとに記憶されている量の差は取り付けた回転体の位置に依存し、したがって容易に計算されて正面パネル(42)上の左右位置表示装置(48)に表示される。

反時計方向回転に関する質問の答がイエスであると、軸位置レジスタは減少され、第4図のモード制御装置(78)はモータ(38)を逆転させる電力をしゃ断するように命令される。反時計方向は逆方向であって、モータ(38)を反時計方向に駆動することはそれを逆方向に回転させ続けることになるので、これは必要である。位置中断サブルーチンの走査の間にHOMEパルスが検出されたとき軸位置レジスタを零カウントにリセットする。軸の回転方向を決めるために今存在する符号化器状態を上述のように次の検索と比較のために記憶する。軸位置レジスタに記憶された指示された角の値と左右

計算角レジスタ中の値との差は上述のように左右位置表示装置(48)に表示する。位置中断サブルーチンを続行して位置中断パルスを受け取るたびに次の回転命令が装置に与えられるまで軸の回転を監視する。上述のように位置中断ルーチンは減速期間まで入れない。

第18図は停止中断サブルーチンであって、これは停止スイッチ(73)で手動でか、または保護運動装置(72)(第7図)によって自動的にトリガする。停止中断信号を第8図の計算機周辺入力/出力部220に供給すると、モータ正弦コイルを駆動するかどうか質問する。答がノーであると、モータ(36)は回転していないので、ルーチンは第11図の走査ルーチンの点Aに進む。ルーチンのこの部分が実行されると、モータ(36)はそれが停止していて停止中断が起こると逆転して駆動されない。答がイエスであるとプログラムは第16図の減速サブルーチンの点Jに行く。モータはモータ制御装置(78)に逆転電力を与えることによって停止し、ルーチンは第11図の点Aに進む。

タイミング図である。

第10図は本発明の計算機のプログラム機能の一般的流れ図である。

第11-13図は第10図のプログラムに示された制御走査と記憶サブルーチンのプログラム流れ図である。

第14図は第13図のサブルーチンに関する状況レジスタの内容を示す図である。

第15、16図は第10図のプログラムの計算サブルーチンのプログラム流れ図である。

第17図は第10図のプログラムの位置中断サブルーチンのプログラム流れ図である。

第18図は第10図のプログラムの停止中断サブルーチンのプログラム流れ図である。

第19図は本発明の計算機に用いる疑似正弦関数の概略図である。

- 26, 27… 軸受ハウジング、28… 骨組み
- 29, 31… 力変換器、33… 符号化板、
- 36… モータ、39… 感光器と光源の組み合わせ、
- 41… コンソール、42… 正面パネル

以上本発明の最良の実施例を説明したが、本発明の本質を離れることなく種々の変化変形ができることは明らかである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はアンバランス測定装置の概略上面図である。

第2図は第1図の線2-2に沿った拡大側面図である。

第3図は第2図の符号化板の円で囲んだ部分(3)の拡大部分詳細図である。

第4図は第1図の装置の電気的および電子的構成要素の構成図である。

第5図は第4図の装置の他の部分の回路図である。

第6図は第4図の装置の他の部分の回路図である。

第7図は第4図の装置のキーボード相互接続部の図である。

第8図は第4図の計算機の構成図である。

第9図は第5図の電気回路で発生された信号の

d … オフセット

図面の符号(内容に変更なし)

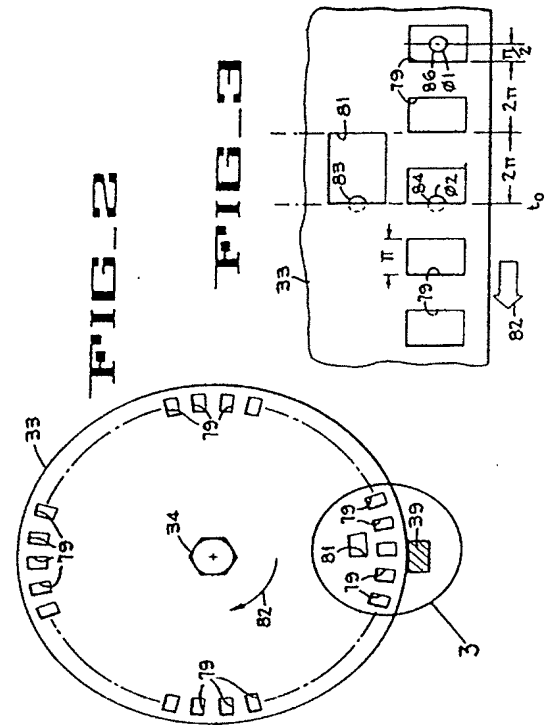
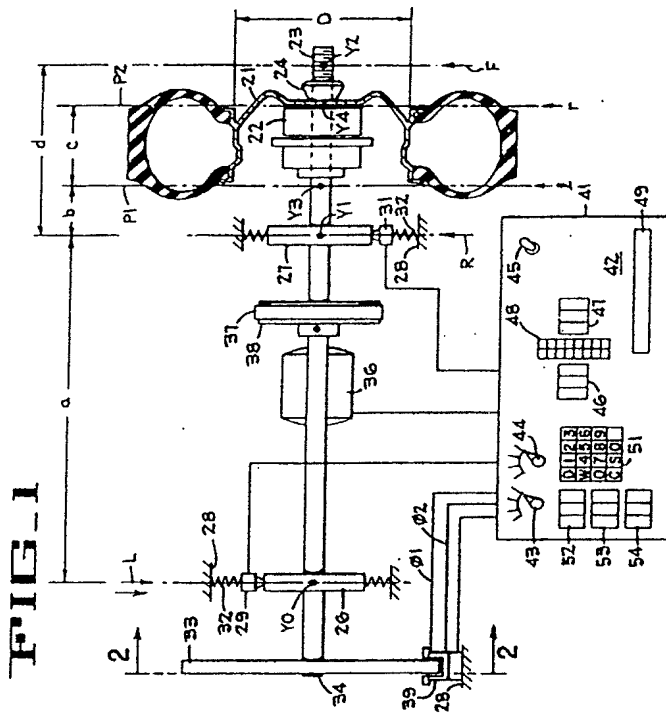


FIG-3

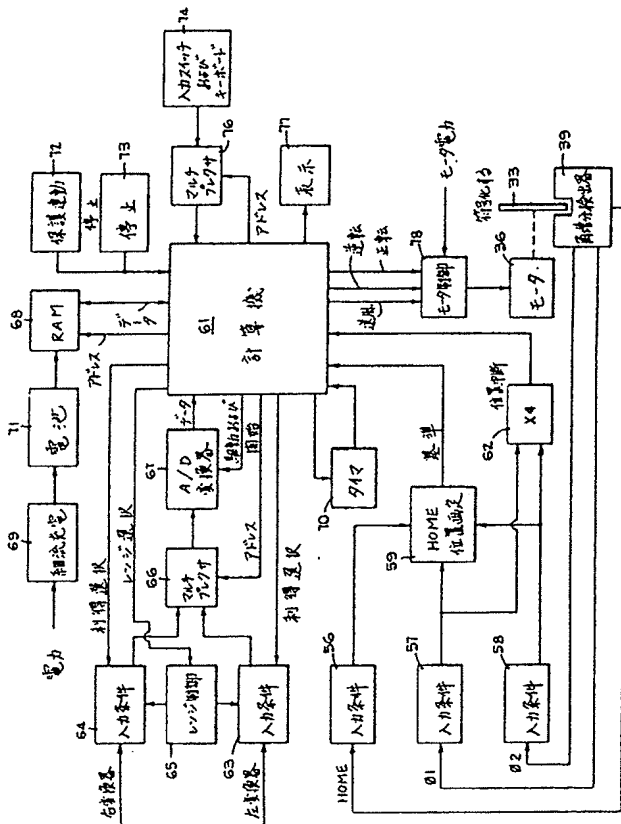
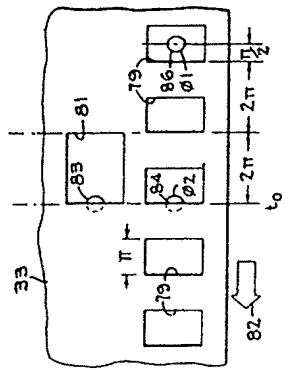


FIG-4

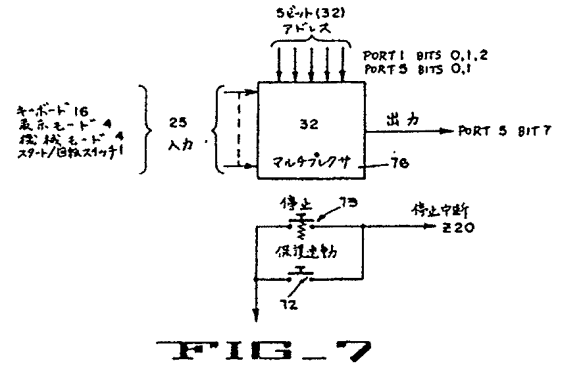


FIG-7

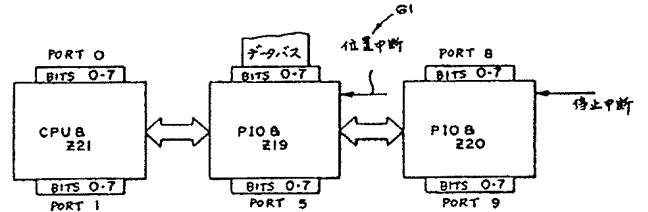


FIG-8

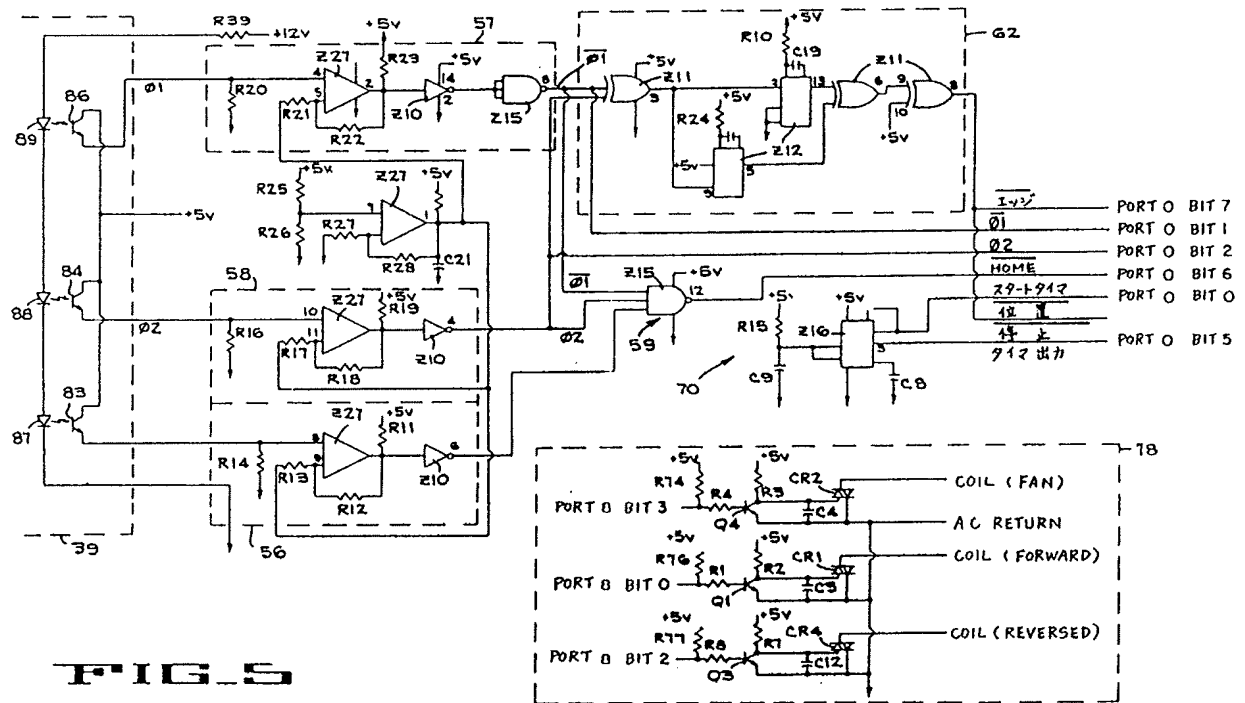


FIG. 5

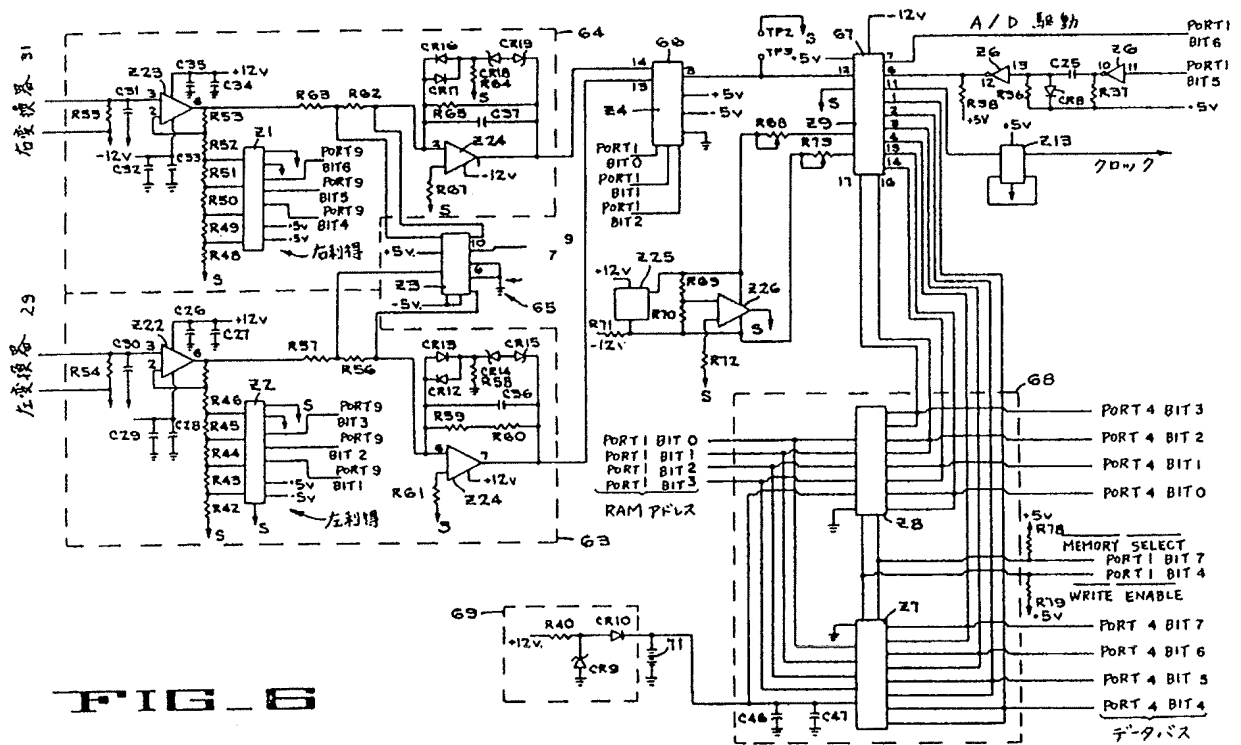


FIG. 6







FIG. 16

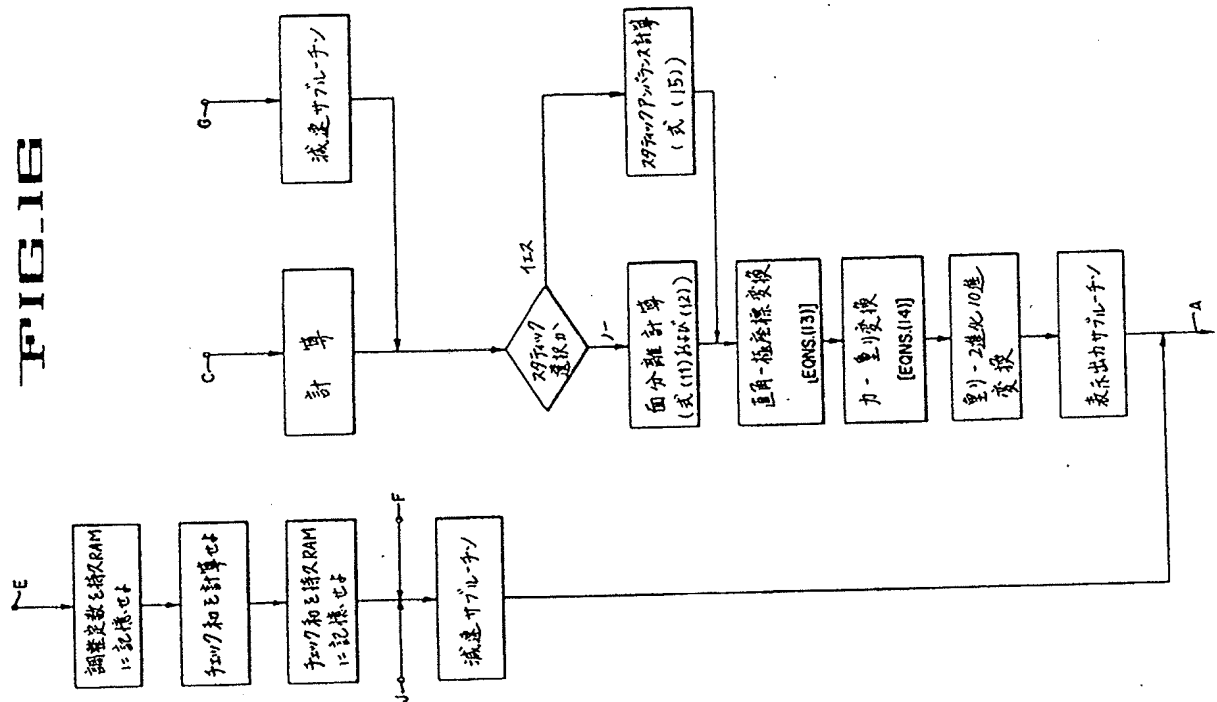


FIG. 17

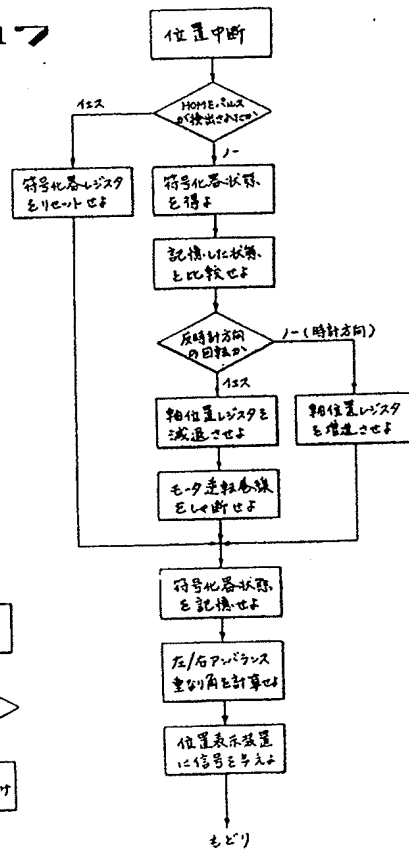


FIG. 18

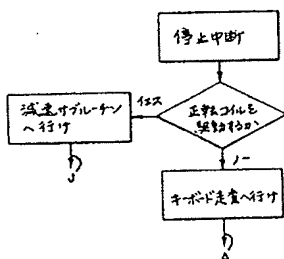
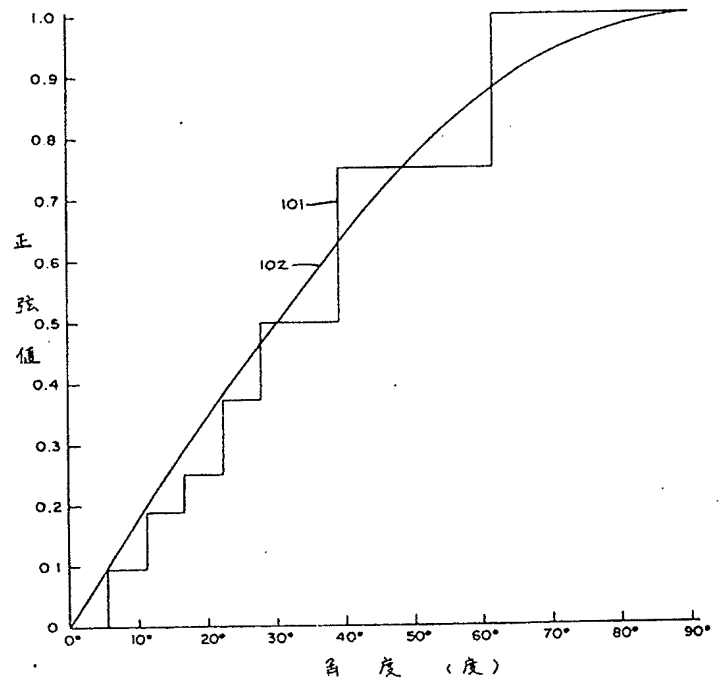


FIG. 19



手 続 補 正 書

手 続 補 正 書

昭和63年 5月20日

昭和63年 5月20日

特許庁長官 殿

特許庁長官 殿

1 事件の表示 63-099268  
昭和63年4月21日付提出の特許願

1 事件の表示 63-099268  
昭和63年4月21日付提出の特許願

2 発明の名称  
回転体アンバランス測定法および装置

2 発明の名称  
回転体アンバランス測定法および装置

3 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
名 称 エフ・エム・シー・コーポレーション

3 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
名 称 エフ・エム・シー・コーポレーション

4 代理人  
住 所 東京都千代田区永田町1丁目11番28号  
相互永田町ビルディング 8階  
電話 581-9371  
氏 名 (7101) 弁理士 山 崎 行 造

4 代理人  
住 所 東京都千代田区永田町1丁目11番28号  
相互永田町ビルディング 8階  
電話 581-9371  
氏 名 (7101) 弁理士 山 崎 行 造

5 補正命令の日付  
昭和 年 月 日

5 補正命令の日付  
昭和 年 月 日

6 補正の対象  
明細書のタイプ浄書、及び正式図面。

6 補正の対象  
明細書。

7 補正の内容  
別紙のとおり（内容に変更なし）

7 補正の内容  
別紙のとおり

## 訂 正 明 細 書

- 1 発明の名称  
回転体アンバランス測定法および装置
- 2 特許請求の範囲
- (1) リム・タイヤ組立体のような回転体のアンバランスを測定する測定装置であって、  
輪(23)、  
該輪をその輪縁を中心に回転する回転装置(36)、  
前記回転体を前記輪に取付ける装置(24)、  
前記輪上の異なった位置に各々接して設けられて、前記輪が回転すると、該異なった各々の位置で発生する周期的アンバランス力を示す電気信号を出力する2個の力変換器(29, 31)、  
前記輪の既定の角位置をモニタして、該各角位置に対応する回転角の正弦値と余弦値とを提供する装置(33, 39, 61)、  
該正弦値と余弦値とを前記各角位置で得た

前記電気信号の値に乘じ、該各電気信号に関して得た正弦と余弦の積を個別に合算し、該合算した数値からアンバランスの大きさと位相角とを表わす値を算出する計算装置(61)、及び

該合算した積と前記アンバランスの値を記憶する記憶装置(68)を含有するアンバランス測定装置において、

前記記憶装置(68)はRAHであり、該RAHは、  
(イ) 輪に負荷をかけずに、(ロ) 輪に既知のアンバランス体を付加して、又は (ハ) 輪に検査用の未知のアンバランス体を付加したそれぞれの状態で輪を回転したときに輪の異なった各回転角位置における前記合算した積を各々貯蔵するように前記計算装置(61)によって制御され、

前記計算装置(61)は、負荷がかけられてない輪を回転することによって得た前記合算した積によって、既知のアンバランス体及び未知のアンバランス体に関連した前記合算され

た積を補正し、この結果補正された既知のアンバランス体に関連した積から調整定数を算出し、該調整定数と前記検査用の未知のアンバランス体に関する補正された積とから該検査用のアンバランス体の大きさ及び位相角を表わす数値を得ることを特徴とするアンバランス測定装置。

- (2) 特許請求の範囲第(1)項記載のアンバランス測定装置において、前記記憶装置(RAM)は不揮発性メモリであり、よってアンバランス測定装置を停止するまで前記記憶情報が保存されることを特徴とするアンバランス測定装置。

- (3) 特許請求の範囲第(1)項又は第(2)項記載のアンバランス測定装置において、前記電気信号の大きさを低レンジと高レンジとの間で選択的に検出し得る制御装置が設けられており、これによって前記計算装置は前記信号を各々比較的に低いアンバランス力と比較的に高いアンバランス力を示す信号として受け

基準角に関して前記力変換器が示した前記軸に負荷がかけられていない状態でのアンバランス信号の大きさと位相角とを得ることにより前記軸のアンバランス量を得る段階、及び、

該軸のアンバランス量と前記補正されていない数値とを演算して、前記軸のアンバランスに対して補正した測定値を得る段階を含有するアンバランス測定方法。

- (5) 特許請求の範囲第(4)項記載のアンバランス測定方法において、前記軸に負荷がかけられていない場合のアンバランス信号の大きさと位相角とを得る段階は、該負荷がかけられていない場合の電気信号から基本的正弦及び余弦成分を得て、このようにして得た基本的正弦及び余弦成分を軸アンバランス量として貯蔵する段階を含むことを特徴とするアンバランス測定方法。

- (6) 特許請求の範囲第(4)項記載のアンバランス測定方法において、アンバランス信号の大きさを検出して、前記電気信号を処理する場

取ることとを特徴とするアンバランス測定装置。

- (4) 骨組みに支持され一端に符号化板を有する回転可能な軸上に装架された回転体のアンバランスを測定するアンバランス測定方法であって、前記軸に基準角が与えられ、該軸に接して力変換器が設けられており、該力変換器が、前記軸が回転すると生じるアンバランス力の成分を示す瞬間的な大きさをもったアンバランス信号を提供するアンバランス測定方法において、

既知のアンバランス体を、前記基準角に関して既知の角位置で前記軸に取付ける段階、

既知のアンバランス体を前記軸に取付けた状態で前記軸を回転する段階、

基準角に関して前記力変換器が示したアンバランス信号の大きさと位相角とを得ることにより補正されていない数値を得る段階、

前記軸に負荷をかけずに該軸を回転する段階、

合に低レンジと高レンジとの間で電気信号を選択する段階を有することにより、比較的に小さいアンバランス力と比較的に大きいアンバランス力との処理が容易になることを特徴とするアンバランス測定方法。

### 3 発明の詳細な説明

本発明は回転体のアンバランス(不均衡)の測定法および装置、とくに装置に及ぼされたアンバランスな測定誤差を測定および補償することができる装置に関する。

回転体のアンバランスを決定するための振動ベクトルの測定は周知である。たとえば米国特許第3,220,247号には回転体のアンバランスすなわち振動ベクトルを示す信号を発生するアンバランス採取(ピックアップ)装置を含む測定装置が示されている。アンバランス信号の周期と同じ基準周期を持つ基準信号を発生する正弦および余弦発生器も示されている。アンバランス信号と基準信号とは乗算器で結合してそれらの積をフィルタ回路に通して平均値を得る。アンバランス信号にフー

リエ解析を施してアナログの形で処理してアンバランスベクトルの大きさと方向とを得るアナログ回路も上記米国特許に示されている。

米国特許第3,751,987号にはアンバランスを検出してアンバランス信号を発生する変換器に結合した電子回路を含むダイナミックバランス機構が示されている。バランス機構の回転部に対する0°の角基準を示す基準検出器も示されている。基準信号に関して正弦および余弦信号が発生され、アナログ乗算回路によってアンバランス信号と正弦および余弦基準信号とが乗算されて積出力が発生され、それからろ波される。ろ波された積出力は平均値を表わし、アンバランス力の大きさと角位置を示すものとして表示される。未知の周期アンバランス力から正弦および余弦成分を取り出してアンバランス力の大きさと方向とを得るこの方法は長く使用されてきた。米国特許第4,015,480号には、信号処理の一部がデジタル形で行なわれるこのような装置が示されている。アンバランス振動と同じ周波数を持つ基準正弦および余弦値が

アンバランス信号とともにデジタル化され、乗算されて正弦積および余弦積を発生するそれぞれの正弦および余弦積は加算され、これら2つの和から平均値が取り出され、それぞれの平均値はアンバランスの大きさと位相とを決定するのに用いられる。

米国特許第4,046,017号には回転輪を持つダイナミック車輪バランス装置が示されており、この回転輪にはバランスすべき物体を取り付け、輪の近くには物体のアンバランスを表わす信号を発生する1対の力変換器を設ける。この装置はさらに輪の回転増分に対応するパルスを発生する回路を含む。回転体によって発生されたアンバランス力が鉛直に上向きのような特定の角位置を通るときから出発してパルスをカウントするカウンタも設ける。輪を回転させカウンタがパルスのカウントを始め、カウンタの出力がアナログ信号に変えられ、アナログ信号が記憶され、輪が停止される。それから車輪を、輪が物体のアンバランスが測定された角位置にあることを角位置計が示す

まで手で回転させる。最初はアンバランスの車輪を取り付けるべき回転輪を機械的にバランスさせて誤差がはいるのを防ぐ。次に回転輪を交換するとき、機械の機械的再バランスが必要である。ときどき機械的および電氣的調節が相互作用をするので、熟練者がそれらを機械にセットすることが通常必要である。

そこで本発明は、機械的および電機的部品のドリフトからは実質的に影響されない高精度のアンバランスベクトルの読みを与えるアンバランス力測定装置と方法とを提供する。

本発明によって、回転体のアンバランスを測定し、物体の回転輪に垂直な1つまたは2つの面内のアンバランスを解決する装置と方法とが得られる。

本発明は、リム・タイヤ組立のような回転体のアンバランスを測定する測定装置であって、輪、輪をその輪線を中心に回転する回転装置、回転体を輪に取付ける装置、輪上の異なった位置に各々接して設けられて、輪が回転すると、異なった各

々の位置で発生する周期的アンバランス力を示す電気信号を出力する2個の力変換器、輪の既定の角位置をモニタして、各角位置に対応する回転角の正弦値と余弦値とを提供する装置、正弦値と余弦値とを各角位置で得た電気信号の値に乘じ、各電気信号に関して得た正弦と余弦の積を個別に合算し、合算した数値からアンバランスの大きさと位相角とを表わす値を算出する計算装置、及び合算した積と前記アンバランスの値を記憶する記憶装置を含有するアンバランス測定装置において、記憶装置はRAMであり、RAMは、(1) 輪に負荷をかけずに、(2) 輪に既知のアンバランス体を付加して、又は (3) 輪に検査用の未知のアンバランス体を付加したそれぞれの状態で輪を回転したときに輪の異なった各回転角位置における合算した積を各々貯蔵するように計算装置によって制御され、計算装置は、負荷がかけられていない輪を回転することによって得た合算した積によって、既知のアンバランス体及び未知のアンバランス体に関連した合算された積を補正し、この結果補正された既

知のアンバランス体に関連した積から調整定数を算出し、調整定数と検査用の未知のアンバランス体に関する補正された積とから検査用のアンバランス体の大きさ及び位相角を表わす数値を得ることを特徴とする。

力変換器は回転体を取り付けた回転軸に機械的に結合されて回転体の回転の間に回転体のアンバランスな質量によって変換器のところに発生された周期的力を表わす電気信号を発生する。アナログ/デジタル変換器(A-D変換器)が力変換器から電気信号を受け取って周期的力の瞬間的な大きさに対応するデジタル語出力を発生する。

A-D変換器を制御する装置は、回転軸の各回転の間に所定数の角増分ごとにデジタル語を発生させる。記憶装置が、おのこの1つまたはそれ以上の所定数の角増分に対応する複数のデジタル正弦および余弦を表わす値を記憶している。回転軸の回転にともない、制御装置は角位置と対応した正弦および余弦を表わす値に上記各々のデジタル語出力を作用させて正弦成分を持つ修正された量と

余弦成分を持つ修正された量とを発生する。これらの正弦成分および余弦成分を含む量は、記憶されたデジタル正弦および余弦を表わす値を適当に選択することによって最小の時間内に求められる。各角位置の増加分に対応して得られた正弦および余弦成分を含む修正された量を加算する装置によってアンバランス質量の大きさと物体上のその角位置とを決めるデータが得られる。

未知のアンバランス重量を持つ回転体のアンバランスを決め、装置を調整する本発明の方法は、負荷のない軸を回転させて無負荷アンバランス信号を得、それからアンバランスの位相と大きさとを表わす無負荷アンバランス信号数値量を計算することを含む。それから既知の調整重りを既知の角位置で軸に取り付けて上記の方法を繰り返してアンバランスの大きさと位相とを表わす調整信号数値量を得る。それから無負荷アンバランス信号数値量を調整アンバランス信号数値量から引いて調整定数を計算する。最後に未知のアンバランス重りを取り付けて軸を回転させて未知のアンバ

ランスの位相と大きさとを表わすアンバランス信号数値量を得る。これらの後者の数値量をそれから無負荷数値量を引くことによってまず補正し、それから調整定数を用いて未知のアンバランスの位相と大きさとに対する正しいデータを得る。

次に図を用いて本発明の実施例を説明する。

第1図に回転体のアンバランス質量を測定する装置を示す。物体を回転したときアンバランス質量によってアンバランス力が発生する。回転軸(23)の一端に取り付けたショルダ部材(22)に回転体として自動車のリムとタイヤとの組み合わせ(21)を固定する。リムには軸(23)の一端に適合する通常の中心孔がある。リムは軸(23)の一端にねじ込んだホイールクランプ(24)によって所定位置にしっかりと保持される。1対の軸受ハウジング(26,27)が固定されたがんじょうな骨組み(28)内に弾力的に支持されている。軸(23)は軸受ハウジング(26,27)内の内部軸受部材に支持されて骨組み(28)内で回転する。左右の力変換器(29,31)がそれぞれ骨組み(28)と軸受ハウジング(26,27)と

の間に設けられている。ばね(32)を各力変換器と骨組みとの間に設けて力変換器(29,31)を軸受ハウジング(26,27)に連続的に接触させる。

符号化板(33)が軸(23)のリムとタイヤの組み合わせ(21)がある端と反対の端にナット(34)で止めてあって軸と共に回転する。モータ(36)が骨組み(28)に取り付けられ、モータはベルト(37)と、軸(23)に固定された滑車(38)とを介して軸(23)を回転する。感光器(光検出器)と光源との組み合わせ(39)が発生する信号は正面パネル(42)を持つコンソール(41)内の回路に送られる。感光器と光源との組み合わせが発生する信号の数は3つで、第1図ではφ1、φ2、およびH0HE(すなわち基準信号)と名付けてある。力変換器(29,31)はまたモータ(36)と同様にコンソール(41)内の電子回路に接続されている。上記の力変換器(29,31)及び感光器と光源との組み合わせ(39)は検知装置として働く。本明細書で説明する車輪のアンバランス測定装置は、この点に関しては、米国特許第4,046,017号に示されたものと同型である。

アンバランスの設定、監視用のスイッチ、及び表示装置は正面パネル(42)上に示されている。スタート／回転スイッチ(45)は第1図に示されていて、輪回転の手順を開始する。多位置機械モードスイッチ(43)と多位置表示モードスイッチ(44)とを正面パネル(42)に設けてある。機械モードスイッチ(43)は運転モード、調整モード、または零輪アンバランスモードを選択することにセット(設定)できる。表示モードスイッチ(44)はオンス、丸めたオンス、グラム、または丸めたグラムの表示を選択するようにセットできる。選択された表示ユニットは3ケタの左右アンバランス値表示窓(46, 47)に表示される。左右位置表示器(48)は、測定されたアンバランス質量をつりあわせるためにはリムのどこに重りを付けるべきかを示す角位置情報を与える。通常のオフセット値測定器(49)も正面パネル(42)に設けてあり、これによって輪(23)上のリムとタイヤの組み合わせ(21)の輪方向位置の便利な読みが得られる。4×4キーボード(51)によってリムとタイヤとの組み合わせ

わせの物理的パラメータを系に導入することができる。オフセット値はキーボード上の第1列第3行に"0"を選び、番号をつけたキーによる適当なオフセット測定によって導入する。第1図ではオフセットは文字"b"で表されている。同様にリムの直径Dは"0"と示したキーと番号のついたキーの適当な直径の寸法とを選ぶことによって系に導入する。車輪組立体(21)の巾は第1図にP1およびP2で示す2つの面の間をとる。つりあわせ用の重りはリムに取り付けることができる。車輪の巾は第1図では文字"C"で示す。この巾はキーボード(51)上のWと印の付いたキーと適当な番号のキーとを選ぶことによって系に導入する。選んだ直径、巾、およびオフセット値はそれぞれ3ケタ表示器(52, 53, 54)に表示される。ともに以下にもっと詳しく説明する計算機能と交互のスタティックダイナミック機能とはキーボード(51)のキーCおよびキーSによって選択される。

上述のように、力測定装置は、第1図に示すように回転輪を水平面内に維持するのに必要なすべ

ての力を測定する2つの力変換器によって力を検出するので、従来用いられたものと類似のものである。符号化板(33)と感光器と光源との組み合わせ(39)とは車輪バランス輪(23)用の光学的輪符号化器として作用する。輪回転に対してはH0HE位置が測定され、それは輪の1回転に対して1度起こる。H0HE位置は角基準となり、輪の角位置に関していくつかの調整定数の角位置を決める。調整定数は回転体のアンバランスの測定に導入された誤差を減少させるのに用いる。アンバランス力は、輪に既知の調整用重りを負荷させて輪を回転させたとき、および輪に負荷を与えないで輪を回転させたときに測定する。このような測定は、変換器の調整と零バランスデータとを用いて計算し、結果を記憶して、後にアンバランス体を輪に取り付けて回転させたときアンバランス力方程式を解くのに用いる。

アンバランス力方程式は、どのような電氣的または機械的情報も含まない雑音信号がないと考えられるアンバランスベクトルおよびそれに関連し

た定数を処理する。したがってアンバランスベクトルは、輪が回転すると、実際に回転している物体のアンバランス、調整重りアンバランス、または無負荷輪アンバランスの正弦波的に変化する成分だけを表わす。雑音がないという仮定は以下の考察から正当化される。後述のように、符号板(33)の穴(79)のパターンで決まる回転輪の別々な角位置における角増分において、変換器からのアンバランス力信号はデジタル化され抜き取り(サンプル)れる。当業者には周知のように、データの抜き取りとこの抜きとられたデータの加算とによって、全データ抜き取り時間より短い周期を持つ周波数の非調和雑音は捨て去られる。調和雑音は正弦および余弦成分を含む合成量を得る演算とその後の加算によって除去される。本装置で行なわれる処理は処理されたデータ出力中の基本波の正弦および余弦成分のフーリエ係数の抽出を含む。処理されたデータは、力変換器出力信号と、この力変換器の出力が存在する瞬間の輪の角の正弦と余弦とを表わす数とを演算して、正弦成分を含む



量と余弦成分を含む量とを得て、それから正弦成分を含む量と余弦成分を含む量とを個々に加算（積分）することにより得られる。変換器の出力と軸の角位置の正弦と余弦とを表わす量とをデジタル化し、軸の所定の角位置においてデジタル化された変換器出力に演算を施すことによって処理をデジタル的に行なう。正弦および余弦を表わす量は調和成分の処理されたデータへの影響を減少させるように選ぶ。したがって、フーリエ級数の基本周波数に関するフーリエ係数を表わす正弦および余弦の和の形を表わすように処理されたデータは比較的調和成分が少ない。各力変換器出力における基本波の正弦および余弦成分は実質的に雑音なしに取り出されて測定されるという知識によって回転体に対する質量アンバランス測定方程式が得られる。

第1図の力変換器(29,31)のいずれか1つに作用する力は変換器からの回転電圧ベクトルによって決まる回転ベクトルと固定変換定数ベクトルとの積として表わすことができる。すなわち次の式

これは次のように示される。

$\gamma = 0$ （調整重りを所定の基準位置に置いたときに起こる）なら式(2)から極座標表示で

$$K \angle \beta = \frac{F_c}{E_c} \angle \theta_c$$

が得られる。この式は $\beta$ と $\theta_c$ とが同じ角であると

$$\begin{aligned} & K \cos \theta_c + j K \sin \theta_c \\ &= \frac{F_c}{E_c \cos \theta_c - j E_c \sin \theta_c} \end{aligned}$$

（直角座標表示）となる。ただしサフィックス $c$ は調整値を表わす。

$$\begin{aligned} K_{cx} &= K \cos \theta_c \\ K_{cy} &= K \sin \theta_c \\ E_{cx} &= E_c \cos \theta_c \\ E_{cy} &= E_c \sin \theta_c \end{aligned}$$

と置きかえて、すぐ前の式の右辺の分子と分母に $E_{cx} + j E_{cy}$ を掛けると

が成り立つ。

$$(1) \vec{F} = \vec{K} \cdot \vec{E}$$

ただし $\vec{F}$ は力のベクトル、 $\vec{K}$ は調整定数ベクトル、 $\vec{E}$ は変換器からの電圧ベクトルである。電圧ベクトルと力ベクトルとの間の角がすべての変換器で同じならば、調整定数ベクトルはつねに同じ位相角を持つであろう。しかし、測定装置内の力変換器の位置、回転軸の変動、力の単位当たりの出力の力変換器の感度定数は用いる測定装置によって変る。したがって式(1)の一般形は

$$(2) F \angle \gamma = K \angle \beta \quad E \angle \theta$$

となる。ただし $F$ と $\gamma$ とは力ベクトルの大きさと位相を、 $K$ と $\beta$ とは調整定数ベクトルの大きさと位相を、 $E$ と $\theta$ とは電圧ベクトルの大きさと位相とをそれぞれ表わす。

既知の調整重りを回転軸の一定の機械的位置に取り付けると、軸を回転したとき力のベクトルが現れる。変換器電圧ベクトルを測定することにより変換器調整定数を表わすベクトル量が得られる。

$$K_{cx} + j K_{cy} = \frac{F_c E_{cx} + j F_c E_{cy}}{(E_{cx})^2 + (E_{cy})^2}$$

となつて、

$$\begin{aligned} (3) \quad K_{cx} &= \frac{F_c E_{cx}}{(E_{cx})^2 + (E_{cy})^2} \\ K_{cy} &= \frac{F_c E_{cy}}{(E_{cx})^2 + (E_{cy})^2} \end{aligned}$$

が得られる。

式(2)と同様に次の式が成り立つ。

$$\begin{aligned} (4) \quad F \cos \gamma + j F \sin \gamma &= (K \cos \theta_c \\ &+ j K \sin \theta_c) \\ & (E \cos \theta + j E \sin \theta) \end{aligned}$$

式(4)の演算から次の一般的力の方程式が得られる。

$$\begin{aligned} (5) \quad F_x &= K_{cx} E_x - K_{cy} E_y \\ F_y &= K_{cy} E_x + E_{cx} E_y \end{aligned}$$

ここで $F_x = F \cos \gamma$ 、 $F_y = F \sin \gamma$ 、 $E_x = E \cos \theta$ 、 $E_y = E \sin \theta$ である。

再び第1図を用いて左右の変換器(29,31)の実際の調整定数の導き出し方を説明する。軸(23)における、Y2で示す既知の角位置に既知の大きさの調整重りを取り付ける。回転軸(23)を回転させると反動力 $L$ が軸の点Y0に加わる、反動力 $R$ が軸の点Y1に加わって調整重りによって起こされる質量のアンバランスによる力に対抗して軸をスタティック(静電気力学的)な平衡に保つ。調整重りによって軸(23)上の点Y2に加わる力を $F_{cal}$ で表わすと、調整のための第1図の機械装置のスタティックな要求は

$$\vec{L}_c + \vec{R}_c + \vec{F}_{cal} = 0$$

となる。これはベクトル和である。ただし $L_c$ と $R_c$ は $F_{cal}$ が加わったときの左右の変換器における力である。点Y1のまわりのモーメントは

$$(6) \quad \begin{aligned} a(\vec{L}_c) &= (\vec{F}_{cal})d \\ \vec{L}_c &= \vec{F}_{cal} \frac{d}{a} \\ \vec{R}_c &= -\vec{F}_{cal} - \vec{L}_c = -\vec{F}_{cal} \left(1 + \frac{d}{a}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} K_{rx} = \frac{-F_{cal}(1+d/a)E_{rxc}}{(E_{rxc})^2 + (E_{ryc})^2} & (\text{右、x方向}) \\ K_{ry} = \frac{-F_{cal}(1+d/a)E_{ryc}}{(E_{rxc})^2 + (E_{ryc})^2} & (\text{右、y方向}) \end{cases}$$

となる。

式(8)の調整定数を式(5)の一般的力変換器方程式に用い、 $E_x = El_x$ 、 $E_y = El_y$ であるとする、左変換器に対してY0を通る垂直面における力のxおよびy成分は次のように計算される。

$$(9) \quad \begin{aligned} Fl_x &= (Kl_x)(El_x) - (Kl_y)(El_y) \\ Fl_y &= (Kl_y)(El_x) + (Kl_x)(El_y) \end{aligned}$$

同様に $E_x = F_{rx}$ 、 $E_y = E_{ry}$ であると右変換器に対して点Y1における軸に垂直な面内の力のxおよびy成分は次のように計算される。

$$(10) \quad \begin{aligned} F_{rx} &= (K_{rx})(E_{rx}) - (K_{ry})(E_{ry}) \\ F_{ry} &= (K_{ry})(E_{rx}) + (K_{rx})(E_{ry}) \end{aligned}$$

式(9)、(10)から軸(23)に加えられたどのような一般的セットの力に対しても解が得られる。

となる。

次の符号の置き換えをすると以下の関係が簡単になる。

$$\text{左の変換器: } F_c = F_{cal} \frac{d}{a},$$

$$E_{cx} = El_{xc}, \quad E_{cy} = El_{yc},$$

$$K_{cx} = Kl_x, \quad K_{cy} = Kl_y$$

$$\text{右の変換器: } F_c = F_{cal} \left(1 + \frac{d}{a}\right),$$

$$E_{cx} = E_{rxc}, \quad E_{cy} = E_{ryc},$$

$$K_{cx} = K_{rx}, \quad K_{cy} = K_{ry}$$

式(3)から左右の変換器(29,31)の調整定数は

$$(8) \quad \begin{cases} Kl_x = \frac{F_{cal}(d/a)El_{xc}}{(El_{xc})^2 + (El_{yc})^2} & (\text{左、x方向}) \\ Kl_y = \frac{F_{cal}(d/a)El_{yc}}{(El_{xc})^2 + (El_{yc})^2} & (\text{左、y方向}) \end{cases}$$

再び第1図を参照しながら説明すると、力 $L$ 、 $R$ はそれらのX,Y成分 $l_x$ 、 $l_y$ 、 $r_x$ 、 $r_y$ に分解することができる。回転している軸(23)のふるまいを記述するスタティックな関係を用いると、点Y3のまわりのモーメントは

$$(11) \quad \begin{cases} L_x(a+b) + R_x \times b = r_x \times c \\ r_x = \frac{R_x \times b + L_x(a+b)}{c} \\ r_y = \frac{R_y \times b + L_y(a+b)}{c} \end{cases}$$

となる。

同様にして点Y4のまわりのモーメントは

$$\begin{aligned} L_x(a+b+c) + R_x(b+c) + l_x \times c &= 0 \\ l_x &= \frac{-L_x(a+b) - R_x \times b}{c} - \frac{L_x \times c}{c} \\ &\quad - \frac{R_x \times c}{c} \end{aligned}$$

$$(12) \quad \begin{cases} l_x = -r_x - L_x - R_x \\ l_y = -r_y - L_y - R_y \end{cases}$$

となる。

式(11)、(12)を極座標表示にすると

$$(13) \quad \begin{cases} \vec{r} = rx + jry = \sqrt{(rx)^2 + (ry)^2} \\ \tan^{-1} \left( \frac{ry}{rx} \right) = r \angle \theta_r \\ \vec{l} = lx + jly = \sqrt{(lx)^2 + (ly)^2} \\ \tan^{-1} \left( \frac{ly}{lx} \right) = l \angle \theta_l \end{cases}$$

となる。

質量のアンバランスによるアンバランス力のxy成分を分解し、これらの力を面P1, P2に移し、xy成分を極座標表示に変換した後、力のアンバランスにつりあわせるため面P1, P2内において組み合わせ(21)のリムに取り付けなければならない実際の重りは、力を所定の直径における対応した重りとアンバランス力を検出した軸(23)の回転のラジアン数とに関係させることによって決定される。この力から重りへの変換は次のように行なわれる。

$$(14) \quad \begin{cases} W_l = \frac{2(lg)}{\omega^2 D} \\ W_r = \frac{2(rg)}{\omega^2 D} \end{cases}$$

ここで $\omega$ は軸(23)のラジアン/秒で表わした角速度、 $D$ は重りを付けると仮定されたところの直径、 $g$ は重力の加速度、 $W_l, W_r$ はそれぞれ左右のつりあわせ用重りである。

初めにアンバランスである軸が回転体のアンバランスを測定する際に与える影響を除去する方法は、外部の調整重りをつけずにまたは車輪の組み合わせを取り付けずに軸(23)を回転させることである。そのとき現れる電圧ベクトルは軸だけのアンバランスに対応する。これらの電圧ベクトルの大きさと位相を記憶して、それからこれらを外部の調整重りまたは車の組み合わせを取り付けて軸を回転させたとき得られる和または積分から差し引くと、得られた積分または和は外部の重りか軸に取り付けた回転体だけによりアンバランス力を

表わす。以下に説明するプログラム流れ図において、アンバランスがない軸のテストの前に調整テストを行なうようにプログラムを構成すると便利である。

スタティクアンバランス測定とは何かを決めるのがしばしば望ましい。スタティクアンバランスとは、面の間隔、オフセット、および変換器の分離を無視した左右のアンバランス測定値の和と定義される。したがってスタティクアンバランスは周知の“バブル”(bubble)バランスとなる。したがってスタティクアンバランスに対する関係は次のようになる。

$$(15) \quad \begin{cases} rx + lx = rx + (-rx - lx - rx) = lx - rx \\ ry + ly = ly - ry \end{cases}$$

以下に説明するアンバランス測定装置は軸(23)の各回転における所定数の角増分ごとに上記の計算を行なう。軸が各角増分を通過している期間中力変換器の出力はデジタル化されてそれに演算が行なわれる。各期間中に行なわれる演算は正弦を表わす量と余弦を表わす量との前記角増分に対する

デジタル化された力変換器出力との組み合わせに関係する。この組み合わせは1つの数と他の数との通常の乗算とは異なる方法で行う。正弦と余弦とをあらわす量は、それらをデジタル化された変換器出力と組み合わせる演算が、軸角の正弦または余弦を表わすデジタル数で行なう通常の乗算に必要な実行時間に比べて最小の実行時間内に行なえるように選ばれる。さらに、正弦と余弦を表わす量は調和成分の組み合わせた量への寄与が最小になるように選ぶ。デジタル化され、正弦および余弦を表わす量と組み合わせられ、加算されて正弦及び余弦成分を得る力変換器データは次のテストからの処理されたデータで置き換えられるまで記憶装置に記憶されるデータを与える。したがって、オフセット量計(49)、表示スイッチ(44)、またはキーボード(51)の設定のどれかが誤ったり、何らかの理由で変更する必要があるとき再計算するのにこの処理されたデータは再び用いられる。再計算は第1図のパネル(42)上の制御スイッチに訂正した入力を再設定し、キーボード(51)上の“C”の

印の付いた計算キーを選ぶことによってなされる。デジタルアンバランスデータを正弦および余弦を表わす値と組み合わせる方法、正弦および余弦を表わす値を選択して調和成分の寄与を低下させる方法、および処理されたデータを再計算に用いる方法の詳細は以下に説明する。

両面P1, P2のデータを得るダイナミック(動力学的)アンバランス測定の実行はキーボード(51)上の"S"と印の付いたキーを押してスタティックアンバランスデータを選ぶことによって交互に行なう。選択は順次"S"キーを押すことによって交互に行なえる。スタティックアンバランス測定を選択したとき、数字5(文字"S"と似ている)が左廻り表示装置(46)の中心位置に表示される。

上述のように、ここに説明した装置によって特に力変換器の物理的および電気的特性から起こる誤差および軸(23)のアンバランスから起こる誤差を除去する調整がなされる。このような誤差は多位置モードスイッチ(43)が調整位置または零位置のいずれかにセットされたときに本装置によって

はHOME位置画定回路(59)で結合されて計算装置すなわち計算機(61)に供給される基準出力となる。計算機(61)としてはフェアチャイルド社のF8マイクロプロセッサが適当である。条件づけられた $\phi 1$ 、 $\phi 2$ パルスは、これも計算機(61)に供給される位置中断信号を発生する"4倍化"( $\times 4$ )乗算回路部(62)に供給する。

左右の力変換器(29, 31)の出力はそれぞれ条件づけ回路(63, 64)に供給して必要な信号振幅と高周期波ろ波とを得る。条件づけられた信号に対して便利なスケール因子を得るために変換器信号条件づけ回路に対して制御装置、すなわちレンジ制御回路(65)を設ける。レンジは以下に詳述するようにして計算機からの制御信号によって選択する。本実施例においてはレンジ制御装置によって0.05オンスの間隔(増分)で0-7オンスの低レンジが得られる。7-20オンスの高レンジは0.1オンスの間隔である。条件づけられた左右の変換器信号はマルチプレクサ(66)に供給される。マルチプレクサ(66)は条件づけられた左右の変換器信号をア

測定される。軸は調整測定の間、適当な調整重りを軸の点Y2(第1図)に取り付けて回転させる。零または軸アンバランス測定の間は軸は無負荷状態で回転させる。調整定数は上に導出した方程式によって計算し、後述のように記憶して、モードスイッチ(43)を施工(ラン)位置にし、回転体を軸(23)上で回転させたときに、以後の各アンバランス測定に用いる。

第4図はコンソール(41)内の測定回路部分の構成図である。第4図はまた第1図に関連して説明したモータ(36)、符号化板(33)、および感光器(光検出器)と光源との組み合わせ(39)を示す。感光器と光源との組み合わせ(39)は、パルス $\phi 2$ とそれから位相が $90^\circ$ 変位したパルス $\phi 1$ とを発生することを含む角増分検出機能を持つ。感光器と光源との組み合わせ(39)はまた軸(23)の各回転毎に1回HOMEパルスを発生する。HOME,  $\phi 1$ ,  $\phi 2$ の各パルスはそれぞれ条件づけ回路部(56, 57, 58)で条件づけられて便利なパルスの形と振幅になる。条件づけられたHOME,  $\phi 1$ ,  $\phi 2$ パルス

ナログ形で交互に通してA-D変換器(67)に送る。A-D変換器の出力はデジタル化された左右変換器信号の形でデータとして計算機(61)に送られる。計算機(61)は入力条件づけ回路(63, 64)の利得を制御してマルチプレクサ(66)に出力を送らせる。計算機(61)はまた変換器(67)を駆動してA-D変換を行なわせる。

記憶装置、すなわち持久RAM(68)を計算機(61)に結合する。RAM(68)は計算機(61)で行なわれた計算によって得られた調整および軸アンバランス定数を記憶し、計算機の呼び出しによって記憶した情報を供給する。電力を細流充電回路(69)に供給して電池(71)を新しく充電された状態に保つ。電池(71)がRAM(68)に電力を供給するので電力の停止または機械の停止によって記憶装置に記憶されたデータを失なうことはない。計算機(61)はデータの記憶または呼び出しのときRAMのアドレスを供給する。

アンバランス測定を行なう間、軸(23)に取り付けた回転体をカバーする機械的保護装置(図示し

ない)を設ける。保護装置は係員とすぐそばにいる他の作業員の安全のためのもので、保護装置が持ち上げられたときに計算機(61)に停止信号を与える保護連動装置(72)がそれに結合されている。通常の停止装置(73)もあって、選択されたとき停止信号を計算機(61)に与える。正面パネル(42)に現れた制御信号によって作動する入力スイッチおよびキーボードスイッチ列(74)は32行マルチプレクサ(76)によって走査される。マルチプレクサ(76)は計算機(61)によって逐次アドレスされて計算機に走査したデータを与える。複数の表示装置(77)が計算機(61)によってそこで処理されたデータに従って駆動される。表示は正面パネル(42)上に現われる。計算機(61)はまたモータ(36)に電力を中継するモータ制御装置(78)に正転および逆転命令を与える。以下に詳述するようにモータ(36)の冷却を制御するために送風リンクが計算機(61)とモータ制御装置(78)との間にある。計算機(61)に接続されてそれに制御されるタイマ(70)をモータ冷却の制御装置の一部として設ける。

の感光器(86)は穴(79)を通して組み合わせ(39)の光源に完全に露出されてパルスφ1を発生する。パルスφ1はパルスφ2から変位していてそれよりとなり合った穴(79)の間の周期で測って1/4 サイクル( $\pi/2$ )進んでいることがわかる。第3図からまたH0HEパルス穴(81)は第5図を用いて後述する目的でとなり合った角増分を示す穴(79)の間の1完全サイクルをカバーする巾になっていることがわかる。

第5図の回路図において、感光器と光源との組み合わせ(39)はそれぞれH0HEパルス、φ2パルス、およびφ1パルスを発生する感光器(83, 84, 86)を含む。この実施例における感光器は図示の発光ダイオード(87, 88, 89)によって駆動される。抵抗器R25, R26を含む分圧器が正電圧を増巾器Z27の非逆転(非反転)入力ピン(7)に供給する。増巾器Z27のピン(1)からの出力はしきい基準として作用してZ27の3つの付加増巾部のピン(9, 11, 5)に供給される。したがってこれらはそれぞれ逆転(反転)入力ピン(8, 10, 4)においてH0HEパルス、

第2図において、符号化板(33)は所定数の角増分で周縁の近くに複数の穴(79)を持つものとして示してある。好ましい実施例では穴(79)は角的に等間隔で、たとえば64個ある。単一のH0HE穴(81)も周縁の近くに示してある。一連の角増分を示す穴(79)とH0HE穴(81)とは組み合わせ(39)の光源と感光器との間を通る。符号化板(33)は軸(23)とともに、第1図の矢印2-2の方向に見たとき、矢印(82)で示す方向(時計方向)に回転される。

第3図には符号化板(33)の周縁における小部分を、種々の穴の間の位置関係を明瞭にするために、角的ではなく直線的に詳細に示してある。矢印(82)は時刻 $t_0$ の始発位置から出発して時計方向に回転する符号化板(33)の周縁部の運動を示す。時刻 $t_0$ においてH0HEパルス穴(81)の前縁は感光器と光源との組み合わせ(39)の感光器(83)を通りつつあり、H0HEパルスの前縁を発生する。同じ時刻 $t_0$ に穴(79)の1つの前縁が組み合わせ(39)の他の感光器(84)を通りつつあり、パルスφ2の前縁を発生する。同じく時刻 $t_0$ に組み合わせ(39)の第3

φ2、およびφ1を受け取る電圧比較器として作用する。このようにして感光器からの信号はある程度方形化され増巾される。方形化され増巾されたパルスはインバータ部Z10で逆転(反転)される。方形化され、増巾され、逆転されたφ1パルスはZ10のピン(14)に現れる。方形化され、増巾され、逆転されたφ2パルスはZ10のピン(4)に現れる。方形化され、増巾され、逆転されたH0HEパルスはZ10のピン(6)に現れる。第9図のタイミング図には第4図の入力条件づけ回路(57)で条件づけられ、インバータZ10のピン(2)に現れるパルスφ1を示す。第4図のブロック(58, 56)で条件づけられ、それぞれ第5図のインバータ部Z10の出力ピン(4, 6)に現れる方形化され増巾されたφ2パルスとH0HEパルスも第9図に示す。パルスφ1用の入力条件づけ回路(57)はNANDゲートZ15の一部を含む。このゲートは増巾され方形化されたパルスφ1を受け取ってそれと180°移相したパルスφ1を発生する。パルスφ1およびパルスφ2は計算機(61)のそれぞれPORT 0 BIT 1お

よび PORT 0 BIT 2 に供給される。

第9図のタイミング図に $\phi 1$ ,  $\phi 2$ , HOHEパルスとして示した入力条件づけ回路(56, 57, 58)の出力は第5図のHANDゲートZ15の他のセクションの入力に送られる。これら3つの入力のすべてが高レベル状態のときHANDゲートZ15は負方向の出力をピン(12)に発生する。これは第9図のHOHE位置パルスで、第5図のZ15ピン(12)にも示す。負方向HOHE位置パルスの前縁は回転軸(23)の角基準位置を決め、計算機(61)のPORT 0 BIT 6に送られる。HOHE位置基準は計算機によって力変換器(29, 31)が検出した力ベクトルの相対位相を計算するのに用いられる。

第5図ではまた入力条件づけ回路(57, 58)の出力 $\phi 1$ ,  $\phi 2$ が“4倍化”回路部(62)の排他的ORゲートZ11の入力に供給される。2入力排他的ORゲートは2つの入力と同時に同じレベル、たとえばともに高レベル状態にあるときだけ低レベル状態出力を発生する。第5図のORゲートZ11のピン(3)からの出力は第9図には“2倍化”(×2)出力

れる。その結果排他的ORゲートZ11のピン(9)における“4倍化”入力の各正方向スパイクは出力ピン(8)に負方向スパイクを発生する。円板(33)が64個の穴(79)を持つと、軸(23)の1回転ごとに256個の負方向パルスが発生される。逆転された“4倍化”出力はPORT 0 BIT 7における縁(EDGE)パルスとして、および正の中断(INTERRUPT)パルスとして計算機(61)に供給される。

第5図ではまたクロック回路成分Z16がそれに連携した回路とともにタイマ(79)として働いてピン(3)に出力を発生する。タイマは計算機(61)のPORT 0 BIT 0からのSTART TIMERパルスによって駆動される。タイマの出力(TIMER OUT)は計算機(61)のPORT 0 BIT 5に送られ、モータ(36)の制御と後述のようなモータ(36)用冷却送風機の回転として用いられる15秒指示を発生する。

第5図ではまたモータ制御部(78)は軸(23)用のモータ(36)の駆動を制御する回路を含む。制御パルスが計算機(61)のPORT 8 BIT 0からトランジスタQ1のベースに供給される。制御パルスによっ

として示してある。“2倍化”出力はワンショット装置Z12の一部のピン(2)と、同じくワンショット装置Z12の他の一部のピン(9)として送る。ピン(9)への入力によって駆動されたワンショット部はZ11のピン(3)からの“2倍化”出力の負方向縁にZ12のピン(5)において約150マイクロ秒の短いパルス出力を発生する。ピン(2)における入力で駆動されたワンショット部Z12はZ11のピン(3)からの“2倍化”出力の正方向縁に出力ピン(13)において150マイクロ秒のパルスを発生する。ワンショット部からのこれらの交互の150マイクロ秒スパイクは排他的ORゲートZ11の他の部分の別々の入力に供給される。第5図に示すように、排他的ORゲートZ11のピン(6)における出力は交互の入力パルスのおのおのによって高レベル状態に駆動され、第9図に示すようにピン(6)に“4倍化”(×4)出力を発生する。排他的ORゲートZ11の他の部分はインバータとして用いられ、入力ピン(9)において“4倍化”出力が供給され、他の入力ピン(10)において正電圧が供給さ

てQ1がしゃ断されると、固体トリアックCR1は導通してモータ(36)の正回転コイルを駆動する。モータ(36)はそのコイルを逆に駆動すると制動される。逆作用を行なう制御パルスは計算機のPORT 8 BIT 2からトランジスタQ3のベースに供給される。トランジスタQ3がしゃ断されると、固体トリアックCR4が駆動されてモータの逆回転コイルを駆動する。モータ(36)は大電力装置なので、短時間で所定の回転速度が得られる。モータはまたモータの巻線に供給された適当な電力によって制動されるので、モータ内で大電力の消費が起こる。したがって、モータに冷却用送風機を設けて計算機のPORT 8 BIT 3からの信号をトランジスタQ4のベースに送って制御する。トランジスタQ4がしゃ断されると、固体トリアックCR2が駆動されてAC電力を送風機を駆動するモータのコイルに送る。

第6図の回路図は右および左力変換器(31, 29)からの信号用の回路の入力部を示す。右力変換器(31)からの信号は入力条件づけ回路(64)内の増巾

器Z23の非逆転入力ピン(3)に送られる。マルチプレクサZ1が入力抵抗器R48-R52の1つを選んで増巾器Z23の利得を調整する。マルチプレクサZ1は計算機(61)のPORT 9 BIT 4,5,6からの利得選択信号によって制御される。したがって増巾器Z23のピン(6)における出力の増巾は計算機によって制御され、増巾器Z24の一セクションの入力ピン(2)に送られる。増巾器Z24のピン(1)における利得は入力抵抗器R62, R63およびフィードバック抵抗器R65の関数である。ピン(1)における利得は計算機のPORT 9 BIT 7から第4,6図のレンジ制御装置(65)として示されるレンジマルチプレクサZ3のピン(10)に送られたレンジ制御信号によって制御される。レンジマルチプレクサZ3は増巾器Z24の入力ピン(2)における抵抗器R63とR62との直列結合から抵抗器R62を除去する。抵抗器R63, R62は4:1の利得変化が得られるように適当な値を持つ。したがって、条件づけられ増巾された右力変換器信号が増巾器Z24の出力ピン(1)に発生され、第4,6図に(66)で示されるマル

対して増巾器Z24のピン(1)における右力変換器信号の増巾の約2倍である。左力変換器が発生する信号は右力変換器が発生する信号より本性的に小さいので、回路はこのように構成する。このことは第1図からわかる。第1図ではタイヤとリムとの組み合わせ(21)のような回転体によって装置に加わるアンバランス力は、左力変換器においては長いレバーアームを有することになるので右力変換器における短いレバーアームに必要な力より小さい力でつりあうことは明らかである。左力変換器からの増巾された電気信号は第4,6図で示したマルチプレクサZ4のピン(13)に供給される。

右および左力変換器からの条件づけられた信号はマルチプレクサZ4に送られて交互にA-D(A/D)変換器Z9に送られる。マルチプレクサZ4は計算機(61)によってPORT 1 BIT 0,1,2から制御され、交互に条件づけられた右力変換器信号と条件づけられた左力変換器とを選び、出力ピン(3)に通す。この信号は第4,6図で(67)として示すA-D変換器Z9の入力ピン(12)に送られる。

チプレクサZ4の入力ピン(14)に送られる。

左力変換器(29)からの電気信号も右力変換器からの信号と同じようにして条件づけられる。左力変換器信号は増巾器Z22の非逆転入力ピン(3)に送られる。マルチプレクサZ2が増巾器Z22の入力ピン(2)における抵抗器R42-R46の所定の直列結合をつくる。右力変換器信号に対して増巾器Z23の利得を制御したのと同じ方法で計算機(61)がPORT 9 BIT 1,2,3から制御信号を発生して入力条件づけ回路(63)中の増巾器Z22のピン(2)における所望の入力インピーダンスを選択し、出力ピン(6)における利得を制御する。第6図でマルチプレクサZ3として示されたレンジ制御装置(65)は以下のように増巾器Z24のピン(7)における増巾レンジを選ぶ。レンジマルチプレクサZ3が増巾器Z24のピン(6)における入力抵抗R56を保持すると、高レンジが選択される。逆に、レンジマルチプレクサが増巾器の入力から抵抗R56を除去すると低レンジが選択される。増巾器Z24のピン(7)における左変換器信号の増巾は同様の入力抵抗に

A-D変換器Z9は3状態装置であって、活動モードでは高または低で、不活動モードのときは高いインピーダンスを示す出力ビットを発生する。RAH(68)中の装置Z7, Z8も3状態装置である。A-D変換器Z9およびRAH装置Z7, Z8は交互に駆動される。したがって、A-D変換器の8ビットデジタル出力は同じデータバス上でRAH(68)からのデータと結合することができる。デジタル化された力変換器信号は変換器Z9のピン(1-4, 13, 14, 16, 17)に現れ、計算機(61)のPORT 4 BIT 0-7に送られる。RAH(68)は計算機のPORT 1 BIT 0-3からアドレスされ、データバスに記憶データを供給し、計算機のPORT 4 BIT 0-7に送られる。

RAH(68)は、装置に電力供給が切れたとき、または故意にシャ断されたとき記憶データが失われるのを防止する回路(69)(第6図)に結合されているので、持久RAHと呼ばれる。電池(71)は適当なDC源から抵抗器R40を経て細流充電され、本実施例ではツエナーダイオードCR9で7.5ボルトに調整される。充電エネルギーはダイオードCR10を

通って電池(71)とRAM(68)の電力入力ピンに送られる。DC電力供給が止まると、電池(71)が電力の供給を続けて記憶装置にデータを保持する。RAM(68)は利得マルチプレクサZ1,Z2においてなされた利得選択の設定と、式(8)の4つの調整定数と、上述の4つの零軸アンバランス定数とを記憶する。

A-D変換器(67)は2分化(2で割る)回路Z13を経て2メガサイクルクロックに結合される。A-D変換器(67)のピン(7)における駆動入力には計算機(61)のPORT 1 BIT 6に接続される。巾が2マイクロ秒程度のきわめて短いパルスがA-D変換器(67)を始動させるのにその入力ピン(6)に必要である。このパルスは10マイクロ秒パルスで計算機(61)のPORT 1 BIT 5からインバータZ6の入力ピン(11)が受け取ることににより得られる。逆転された10マイクロ秒パルスはコンデンサC25と抵抗器R36とを含む回路によって微分する。逆転パルスの険しい前縁によって負方向スパイクが得られて第2インバータZ6の入力ピン(13)に送られ、その

出力ピン(12)に方形化された正方向の約2マイクロ秒のスパイクが得られる。

第7図は入力スイッチおよびキーボード(74)から25個の入力を受け取るマルチプレクサ(76)を示す。キーボード(51)(第1図)は16個までのそのような入力が発生し、表示モードスイッチ(44)は4つのスイッチ入力が発生し、機械モードスイッチ(43)は3つのスイッチ入力(存在する可能性のある4つの自己テスト入力とともに)が発生し、スタート/回転スイッチ(45)は1つの入力が発生する。正面パネル(42)からの25個の入力は計算機(61)からの5ビットアドレスに指定されてマルチプレクサ(76)によって順次走査される。この実施例ではアドレス線は計算機のPORT 1 BIT 0,1,2およびPORT 5 BIT 0,1に接続されている。各走査された入力からの出力は計算機のPORT 5 BIT 7に送られる。ばね偏圧常閉停止スイッチ(73)が計算機(61)の停止中断ポートに接地信号を送る。スイッチには保護連動スイッチ(72)があって、回(23)に取り付けた回転体の保護装置(図示しない)

が保護位置から持ち上げられたときに、接地信号を計算機(61)の停止中断ポートに送る。マルチプレクサ(76)は各ライン走査の間25入力のおのの監視する。各走査の間の駆動されないスイッチの一連の高レベル信号状態と駆動された低レベル信号状態とはPORT 5 BIT 7の出力に設定データを与える。このようにして計算機はプログラムルーチンの制御スイッチによって選ばれた部分を実施する。

第8図に計算機(61)の構成図を示す。第8図の計算機はフェアチャイルド社のF8装置で、RAMを含む中央処置装置(CPU)Z21を含む。CPUは読取専用記憶装置(ROM)を含む1対の周辺入力出力(PLO)装置Z19,Z20に結合する。停止中断命令はおののBIT 0-7を含むPORT 8,9を持つPLO部Z20に与えられる。位置中断信号はおののBIT 0-7を含むPORT 4,5を持つPLO部Z19に与えられる。データバスをP10装置Z19のPORT 4 BIT 0-7に接続する。CPU Z21にはおののBIT 0-7を持つPORT 0,1がある。

第10図に計算機(61)によって行なわれるプログラム命令の一般化した流れ図を示す。計算機(61)は第11-13図の流れ図にもっと詳細に示した制御走査と記憶作用とを行なう。制御走査はある機能が選択され検出されて他のルーチンを実施するまで繰り返される。スタート選択が計算ルーチンを開始させる。計算またはスタティック/ダイナミックスイッチ選択および表示モードの変化が再計算命令を計算ルーチンに行なわせる。計算ルーチンは計算が完結するとプログラム制御走査部に情報を与える。制御走査はまた上記のように適当なスイッチの選択によって停止中断を開始するか、同じく上述のように位置中断ルーチンを開始する。情報は、停止また位置中断ルーチンが完結すると、全プログラムの制御走査および記憶部に与えられる。後述のように位置中断ルーチンから制御走査、停止中断、または計算ルーチンへの復帰が行なわれる。計算ルーチンは位置中断ルーチンが行なわれるか、停止中断ルーチンが行なわれるか、制御走査が続行されることを要求する。プログラム流



れ図のこれらの主要部で表わされたルーチンの詳細は各重要プログラム部に関連した表示された図に示されている。

第11図に制御走査ルーチンの一部を示す。電力がまず装置に供給されたとき電源投入リセット操作がプログラムで行なわれる。持久RAH(68)以外のすべてのレジスタとすべての表示装置とはリセット操作によって払われる。正常動作ではプログラムの点Aは後に示すサブルーチン中の点から導入される。それからマルチプレクサ(76)中の符号(コード)が機能キーループ中の多重変換(マルチプレクス)された入力の1つを抜き取る(サンプル)ようにセットされ、機能キーが選択されたかどうかについて質問がなされる。答がノーであると、これが機能キーループ中の監視すべき最後の符号であるかどうかについて質問がなされる。このループの各符号走査において5つの符号がある。これらの符号は試験すべき回転体の巾、オフセット、および直径のパラメータとスタティック/ダイナミックおよび計算キーボード選択に関係

する。機能キー選択なしに5つの符号の最後のものが走査された後にオフセット、巾および直径の3つのパラメータのどれかの計算機中のフラッグがセットされたかどうかについて質問がなされる。パラメータフラッグのセットは、計算機中の、特定のパラメータに関して受け取った部分的すなわち不完全な入力の表示または前記3つのパラメータの1つのデータが入力されつつあることの表示である。

パラメータフラッグのセットの答がノーであれば、ルーチンは図示のように点Bに進む。パラメータフラッグのセットがイエスであると、マルチプレクサ(76)中の符号は番号キーループ中のマルチプレクサの入力の1つを抜き取るようにセットされ、番号キーが選択されたかどうかについて質問される。答がノーであると最後の番号の符号が走査されたかどうかについて質問される。10個の番号キーがあるので最後の符号は第10番の符号である。したがって番号キーループは10回繰り返され、番号キーを捜す10番の指令の後どの番号

キーも選択されなければルーチンは図示のように点Bに進む。番号キーが選択されたときはキー符号は記憶され、3番が選択されたかどうかについて質問される。パラメータのセットに3ケタの入力を用いる。3番が選択されないとルーチンは番号キーループにもどって完全なパラメータ番号を捜す。3番が選択されると、記憶サブルーチンがこのパラメータのセット値に対して実行される。それからルーチンはB点にもどる。

機能キーが機能キーループに関するルーチンの部分で選択されていると、パラメータフラッグがセットされていたかどうかさらに質問される。答がイエスなら、この機能キーに対して記憶サブルーチンを行なう。それから計算キーが選択されているかどうか質問される。パラメータフラッグがセットされないと計算キーが選択されているかどうか直接質問する。答がイエスであるとルーチンは図示のように点Cにおける計算へ行かせられる。答がノーであると、スタティック/ダイナミックキーが選択されるかどうか質問される。答

がイエスであると、新しい情況セットが指示され、ルーチンは点Cにおける計算に行く。答がノーであると、機能符号が記憶され、それからパラメータフラッグがセットされる。表示は消され、ルーチンは前述の番号キーループ部に進む。

第11図の記憶サブルーチンの実行は2点で指示され、その状態を第12図に詳しく示す。記憶サブルーチンが開始され、オフセット選択がなされたかどうか質問される。答がイエスであると、2進符号化10進選択が2進に変換され、選択が限界内であるかどうか質問される。答がノーであると表示(54)が消され、ルーチンは第11図のサブルーチン中の点Hにもどる。答がイエスであるとオフセットが記憶され、パラメータフラッグがリセットされ、ルーチンは第11図に示す適当な点にもどる。

オフセット選択の質問に対して答がないと、巾または直径の表示装置(52,53)のどの空白の表示窓にも零を書き込み、その結果得られた2進符号化10進パラメータのセットを2進形に変換する。

次に巾または直径のパラメータを質問する。巾パラメータが選択されていると、巾のセットが所定の限界内であるかどうか質問する。答がノーであると、ルーチンは第11図のサブルーチンの点Hにもどり、表示(53)は消される。答がイエスであると、巾のセット量は記憶され、パラメータフラッグはリセットされ、ルーチンは上述の適当な点にもどる。直径パラメータが選ばれたときは、セットが所定の限界内かどうか質問され、答がノーであると、表示(52)は消され、ルーチンは第11図のサブルーチンの点Hにもどる。答がイエスであると直径の値が記憶され、パラメータフラッグがリセットされ、ルーチンは第11図のルーチンの適当な点にもどる。

第13図においてプログラム流れ図は第11図の点Bに対応する導入点Bを持つ。ルーチンのこの点においてマルチプレクサ(76)符号は、表示モードスイッチ(44)と機械モードスイッチ(43)とを監視することによってスイッチループ中の多重変換された入力の一つを抜き取るようにセットされる。

調整モードでは01、零軸アンバランスモードでは00となる。上に示唆したように、自己テストモードを行なうと、選択されたとき第4、5ビットは1、0となる。

状況レジスタの第6ビットはスタティックまたはダイナミックアンバランス情報が選択されたかどうかを示す。ダイナミック情報が必要なときはレジスタの第6ビットは零となる。第6図のレンジマルチプレクサ(65)で低レンジが選択されると第7ビットは零になる。逆に高レンジのときには第7ビットは1になる。直径、巾、オフセットの3つのパラメータの1つがいられると、レジスタの第1ビットは1、どのパラメータも導入されていないとそれは零になる。

状況が計算されて第14図の状況レジスタに含まれている前の状況と比較された後、状況が変わっているかどうか質問する。答がノーであると、これがスイッチループで検査すべき8つの符号の最後のものであるかどうか質問する。答がノーであるとマルチプレクサ(76)から次のスイッチの状況を

マルチプレクサ(76)の出力がスイッチのセット(設定)が選択されたことを示すかどうか質問される。答がノーのときは、これがルーチンのこの部分における質問すべき最後の符号であるかどうか質問する。スイッチループ質問の間に抜き取られるべき8つのスイッチの設定がある。上述のように表示モードスイッチ(44)に4つの設定と機械モードスイッチ(43)に可能な4つの設定がある。スイッチの1つが選択されると、スイッチの状況が計算され、状況レジスタ中のその時点の状況と比較される。状況レジスタを第14図に示す。それは表示モードスイッチおよび機械モードスイッチの設定に関する状況を含む。表示がオンスに関するものであると、第3ビットは零になる。表示がグラムであるとそれは1になる。表示モード量が最も近いオンスまたはグラムに丸められると、第2ビットは零になる。しかし丸めを行なわないとそれは1になる。さらに、状況レジスタは第4、5ビットに選ばれた機械モードの表示を含む。図示のように、第4、5ビットは施行モードでは11、

検査する。だい14図の前にセットした状況との比較によって図示のように状況が変わっていると、変わっているのは表示モードかどうかを質問する。答がノーであると、ルーチンは最後の符号の質問にもどる。答がイエスであるとルーチンは点Cに示すように計算部にもどる。

マルチプレクサ(76)に走査された8つのスイッチ符号の最後のものが検査されて“最後の符号”の質問に対する答がイエスであると、マルチプレクサ(76)は回転開始スイッチの状況の監視に進む。回転開始スイッチが押されていると、ルーチンは第15図にDとして示した回転開始点にもどる。回転開始スイッチが押されていないと、タイマレジスタが零を示すかどうか質問する。タイマレジスタには、第13図に示すタイマループで機能する15秒タイマ(70)から所定の全時間をプリセットする数がいっている。たとえば、タイマループを5分にセットする必要があるときはタイマレジスタには20カウントを入れる。タイマレジスタが零カウントでないと、15秒タイマ(70)がオンかどうか

か質問する。答がイエスであるとルーチンは第11図の点Aにもどる。答がノーであると、タイマ(70)を再出発させタイマレジスタから1カウント減らす。それからルーチンは第11図の点Aにもどる。タイマレジスタが最終的に零カウントに達すると、送風機停止出力符号が計算機(61)から送られてモータ(36)用の冷却送風機の回転を停止する。このようにしてこの例では、モータスタートスイッチが停止位置にあることが検出されて後モータの冷却送風機は5分間運転状態に維持される。

第15図の流れ図は計算ルーチンの一部を示し、第13図の点Dから始める。回転開始スイッチが選択されると、回転開始命令が発生されて回転軸(23)用の加速ルーチンが開始される。加速ルーチンは回転軸の速度を測定し、速度がタイマ(70)で規定される15秒間以内に所定レベルに達しないとプログラムが停止命令を出してルーチンは第11図の点Aにもどる。15秒間以内に所定の速度レベルに達すると選択された機械モードが質問される。

るかどうかついて質問する。答はこの例ではイエスで、積分ルーチンで得られた補正されない積分は補正されない調整積分として記憶され、第15図のFに示されたルーチンの点として存在する。補正された調整積分は  $E_{rxcu}$ 、 $E_{rycu}$ 、 $E_{lxcu}$ 、 $E_{lycu}$  として示す。第16図では点Fは減速サブルーチンにはいり、それからルーチンは第11図の点Aにもどる。調整ラン(施行)をまず行ない、以知のアンバランス重りを回転軸に取り付けて第6図の利得マルチプレクサZ1,Z2を説明のようにセットする。同じ利得を他の調整ランが行なわれるまで零調整モードとすべてのそれに続く施行モード操作に用いる。

第15図からわかるように、機械モード決定が零軸アンバランスモードが選択されたことを示すと、レンジマルチプレクサ(65)は再び低レンジにセットされ、調整ルーチンの間選択され持久RAH(68)に記憶された利得値は検索されて第6図の利得制御マルチプレクサZ1,Z2にセットされる。積分ルーチンがそれに続き、アンバランス測定を与え

機械モードスイッチ(43)が調整位置にセットされると、レンジマルチプレクサ(65)は低レンジを与えるようにセットされ、入力条件づけ回路(64,63)内の利得制御マルチプレクサZ1,Z2はそれぞれ選択されて実質的に同じ左右力変換器スケールファクタ(単位アンバランス力当たりの信号の大きさ)を発生する。上述の面P1,P2内のアンバランス力の位置からのレバーアームの差によって右力変換器からの信号レベルは左変換器からの信号レベルより大巾に高い。利得制御マルチプレクサZ1,Z2の選択された増巾利得値は持久RAH(68)に記憶される。それからプログラムは後にもっと詳述する質問ルーチンに進み、右および左変換器信号の正弦および余弦を表わすファクタを含む、誤差が補正されていない、加算して丸めたデジタル組み合わせを発生する。正弦および余弦ファクタを含むこれらの量は第15図に示すように  $E_{rxu}$ 、 $E_{ryu}$ 、 $E_{lxu}$ 、 $E_{lyu}$  で表わす。次に機械モードが施行モードにあるかどうかについて質問する。このとき答はノーで、機械モードスイッチが調整モードにあ

る。施行モードが機械モードスイッチ(43)に選ばれたかどうかを質問する。この例では答はノーである。次に機械モードスイッチが調整モードにセットされたかどうか質問する。このばあいには、零モードにセットされているので、答は再びノーである。第15図のルーチンのこの点において、積分ルーチンで加算された正弦および余弦成分を含むデジタル結合として得られた積分は第15図に示すように  $E_{rxo}$ 、 $E_{ryo}$ 、 $E_{lxo}$ 、 $E_{lyo}$  として表わす軸アンバランス積分として記憶される。それから、調整モードで得られた記憶された補正しない積分  $E_{rxcu}$ 、…を検索して軸アンバランスを補正し、補正された調整積分  $E_{rxc}$ 、 $E_{ryc}$ 、 $E_{lxc}$ 、 $E_{lyc}$  を得る。上記の計算式として式(8)に関して説明したように、調整定数は補正された調整積分から計算され、ルーチンは点Eに進む。

第16図からわかるように、Eに示すルーチン中の点は調整定数が持久RAH(68)に記憶されている点の位置にある。この点においてチェック和が計算される。チェック和は4つの記憶された軸アン

バランス積分と4つの記憶された計算された調整定数と記憶された利得の設定との和を零から引くことによって得られる。負数のチェック和が得られる。そうするとこれらの値を持戻RAM(68)から呼び出し、チェック和に加えると零になる。チェック和もRAM(68)に記憶する。それから減速サブルーチンを入れ、ルーチンを第11図の点Aにもどす。

再び第15図の機械モードスイッチの選択にもどって、施行モードを選ぶと、記憶された利得制御値は左右力変換器入力条件づけ回路(63,64)中の利得マルチプレクサZ1,Z2にセットされる。適正なレンジは比較的大きなアンバランス力が測定されたか比較的小きなアンバランス力が測定されたかに応じてレンジマルチプレクサ(65)にセットされる。それから積分ルーチンが入れられ、調整、零軸アンバランス、および施行の機械モード設定の任意のものに対して行なわれるが、ここでは施行モードについて詳述する。積分ルーチンはまずマルチプレクサ(66)(第6図)によって選択され

た右力変換器信号を採用してA-D変換器(67)を駆動する。デジタル化された右力変換器アンバランス信号はデータバス上にデジタル語として得られる。符号化パルスは第5図の“4倍化”回路(62)から得られる。このパルスはHOME位置パルス(第9図)に関する角方位情報を与える。デジタル化された右変換器アンバランス力に計算機(61)のR0H位置から検索した数を掛ける。検索された数は得られた符号化パルスによって示された角の正弦を表わすので、正弦成分を含む量が乗算によって得られる。この量は前の“観察”点で軸の1回転の間に得られた類似の量の和に加算する。デジタル化された変換器アンバランス力にはまた符号化パルスによって示された角の余弦を表わす数を掛ける。正弦量におけると同じように、この積を軸の処理回転の間に前に得られた余弦量の和に加える。余積分ルーチンは左力変換器信号の前記手続きの繰り返しを含み、左変換器アンバランス力のデジタル化、符号化パルスから角方位を得ること、記憶装置からの正弦を表わす値の検索、

正弦処理(乗算)、正弦を表わす量の加算、記憶装置からの余弦を表わす値の検索、余弦処理(乗算)、および余弦を表わす量の加算を含む。アンバランス力に対応する変換器信号の基本成分のX成分およびY成分はこうして得られる。

デジタル化された力アンバランス信号の処理に用いられる正弦および余弦を表わす値は計算機(61)内の記憶装置に永久的に記憶し、軸(23)の回転の対応する角増分においてそれから検索する。標本理論から、基本周波に対して各サイクルごとに少なくとも2つの標本(2つの角増分を画定する)をとることが必要である。抜き取られた波形により高い周波が存在すると、各サイクルにより多くの標本が必要である。さらに、測定によりよい分解能と精度とを得るために各サイクルにより多くの標本が望ましい。標本数の上限は処理できる成分の費用と速度によって決まる。

記憶された正弦および余弦を表わす値は一般に抽出関数と呼ぶ。本実施例では64個の穴(79)を符

号板(33)につくった。したがって軸(23)の1完全回転に64個の角増分がある。これは全積分ルーチンは軸の1回転に対して64回、すなわち1/4回転に対して16回繰り返すことを意味する。この例においては角増分はしたがって約5.62°である。各角増分に対して選択された抽出関数正弦および余弦値は特定の角に対する近似にしか過ぎない。これらは、デジタル化された力アンバランス信号を抽出関数で処理することによって得られたフーリエ係数に調和成分の最小の寄与をさせるためにとくに選択されたものである。表Iは軸(23)の各回転の第1象限における16個の増分に対する積分ルーチンに用いられる、2進および10進形の、正弦を表わす値を示す。2進数は2進に1レベルにセ1トされた2を越えないビットを持つことがわかる。この形の抽出関数のグラフ表示は第19図に階段正弦近似曲線(101)として示し、純粋の4半正弦波(正弦波の1/4)の曲線(102)と比較する。

表 I

角増分	か ら	ま で	正弦値	2 進	10 進
0	0°	5.62°	0	0000 0000	0
1	5.62	11.19	0.094	0000 0101	6
2	11.19	16.81	0.187	0000 1100	12
3	16.81	22.43	0.250	0001 0000	16
4	22.43	28.05	0.370	0001 1000	24
5-6	28.05	39.30	0.500	0010 0000	32
7-10	39.30	61.80	0.750	0011 0000	48
11-15	61.80	90	1.000	0100 0000	64

この例で最大の正弦値は10進数で64の大きさであることに注意されたい。これより小さい値は最大値の端数（フラクション）を表わす。たとえば10進数の32は0.5の正弦値を表わし、これは正弦に第1象限の30°の角（または第4象限の330°）だけに対するものである。前述のようにこれらの値は、フーリエ級数の基本周波に対するフーリエ係数を表わす正弦および余弦成分を含む加算され

次に本発明の装置によるデジタルアンバランス力信号の処理の詳細を説明する。表Iの2進形の各デジタル正弦係数は1つの状態にセットされた1ビット、またはせいぜい2情報ビットだけを含む。このようなビットは以下では基本的に関心のあるビットと呼ぶ。この構成の目的は信号の処理（すなわち乗算）に必要な実行時間を減少させることである。したがって2つのデジタル化された力変換器信号の各演算は軸(23)の各回転における64個の角増分のおのおのの間に行なうことができる。時間の節約の例として表IIIは、デジタル正弦関数、つまり抽出関数とデジタル化されたアンバランス力出力データとを掛け合わせて左または右力変換器の正弦成分を含む積分を得るとき、軸(23)の90°の角回転の間になされるすべてのレジスタのシフトとその他のステップとを示す。正弦成分を含む積分が各右および左変換器に対して得られ、余弦成分を含む積分は各角増分の間に各左右変換器に対して得られるので、各演算は軸が表IおよびIIIの左欄の各角増分を通るとき4回行

た量に対する調和成分の寄与を抑さえる目的で、1つまたはそれ以上の特定の角増分の間適用するように慎重に選んだものである。1組の抽出関数の調和成分に対する寄与の程度を表IIに示す。この表は、アンバランス力がH0HE位置と一致し、力アンバランス信号が純粋な正弦波のときの加算された量の調和成分を示す。

表 II

調和成分	正弦成分	余弦成分
基本	1.02794	0
第2	0.00000	"
第3	0.06999	"
第4	0.00000	"
第5	0.01393	"
第6	0.00000	"
第7	0.00037	"
第8	0.00000	"
第9	0.02505	"

なわれる。したがって本例では軸(23)の各回転に対して256のシフトと加算が行なわれなければならない。表IIIの右欄の“必要な演算”は各角増分に対してデジタル化されたアンバランス力出力データに対して行なわれてデータの処理をする。“加算”と示したところでは、処理のこの点におけるデータは積分レジスタに加えられる。新しいデータは表示のように各角増分に対して演算が行なわれる。

表 III

角増分	デジタル正弦係数	必要な演算
0	0	
1	110	左に1回シフト 加算 左に1回シフト 加算
2	1100	左に2回シフト 加算 左に1回シフト 加算
3	10000	左に4回シフト/加算
4	11000	左に3回シフト 加算 左に1回シフト 加算
5-6	100000	左に5回シフト/加算
7-10	110000	左に4回シフト 加算 左に1回シフト 加算
11-15	1000000	左に6回シフト/加算

る。たとえば、軸(23)が3つの角増分回転している間のデジタル化されたアンバランス力量の処理に対しては、CPUに含まれるRAHレジスタ中のデジタル化されたアンバランス力信号は左に4回シフトして積分レジスタに加えさえすればよい。これによって乗算積量が0.25の正弦値を表わすファクタを含む積分レジスタに与えられる。このようにしてすべて必要な計算手続きは計算機(61)によってなされるとともに回転体は比較的高速で回転できるので、回転体によって発生されたアンバランス力の精密な測定ができる。

計算に許される時間がきびしく制限されているときには、ここに説明した方法はおのおの1ビットだけの情報を持つ1組の抽出関数によって実行することができる。1ビット抽出関数に対して選択された1組の正弦を表わす値を表IVに示す。

まとめると、A-D出力レジスタがデジタル化されたデータを取り入れる。疑似正弦および余弦値を含む計算機(61)中のROMは計算機にアドレスされて軸(23)が現在位置している角増分に対応する正弦および余弦値を検索する。現在の角増分に対応する表IIIの演算はデータA-D出力レンジ中のデータに行なわれ、得られた積は積分レジスタに加えられて各増分に対して4つの和が得られる。

通常の乗算がデータ検索、データ記憶、および少なくとも最も重要なビット系列中の各ビットに対する一連のデータ加算を含む手続きであると考えられるとき、表IIIから、時間のかかる記憶操作と通常必要なたいの加算は本手続きには必要がないことと、本例では加算はいずれのばあいにも2回を超えることはなく、時には1回だけでよいことがわかる。加算手続きの1つはつねに積分レジスタ中の必要な加算で行なわれるので、疑似正弦または余弦値とデータ語との乗算を含む実際の手続きは最大限1つの加算手続きを含むだけであ

表 IV

角増分	か	ら	ま	で	正弦値	2進	10進
0	0°	5.62°	0	0000	0000	0	
1	5.62	11.19	0.0156	0000	0001	1	
2	11.19	16.81	0.0312	0000	0010	2	
3	16.31	22.43	0.0625	0000	0100	4	
4	22.43	28.05	0.1250	0000	1000	8	
5-6	28.05	39.30	0.2500	0001	0000	16	
7-10	39.30	61.80	0.5000	0010	0000	32	
11-15	61.80	90.00	1.000	0100	0000	64	

表IVの抽出関数値の計算機(61)内の記憶装置に記憶され、検索されて、表Iの値を同じようにして、軸回転の所定の角増分においてデジタル化された力変換器信号を処理するのに使われる。本件における各処理操作は、デジタル化された力アンバランスデータをRAHレジスタ中で、結果を積分レジスタに加える前に、所定回数左へ単にシ

フトさせるだけで行なわれる。たとえば10進数2を処理するためには左へ1回シフトし、10進数8を処理するためには左へ3回シフトさせる等である。

表IVの1ビット抽出関数による調和成分の寄与を表Vに示す。表IIにおけるように、アンバランスはH0HE位置と一致する純粋な正弦波である。

表 V

調和成分	正弦成分	余弦成分
基本	0.83025	0
第2	0.00000	"
第3	0.19950	"
第4	0.00000	"
第5	0.02116	"
第6	0.00000	"
第7	0.01560	"
第8	0.00000	"
第9	0.06245	"

こうして軸アンバランスの補正をされた積分は  $E_{rx}$ ,  $E_{ry}$ ,  $E_{lx}$ ,  $E_{ly}$  と表わされる。それから、記憶された軸アンバランス積分と記憶された調整定数とは利得制御増巾器の記憶された利得設定と加算され、チェック和に加えられて持久RAH(08)中の記憶されたデータを検証する。RAHが検証されると、回転体のアンバランス回転から得られる右および左変換器信号のxおよびy成分は上記の式(9)および(10)のようにして計算される。ルーチンは点Gに進み、第10図の減速サブルーチンにはいる。

次にスタティックアンバランス測定が選択されたかどうか質問する。答がイエスであると、スタティックアンバランス計算が式(15)のようになされる。答がノーであると、面分離計算が計算機(61)内で式(11), (12)のようになされる。スタティックアンバランス計算か面分離計算かが完結した後、直角座標データを式(13)で極座標に変換する。それから左右両面P1, P2に対して式(14)によって力を重りに変換する。ダイナミックアンバ

表Vからわかるように、1ビット抽出関数による第3調和成分のデータへの寄与は比較的高い。しかしあるばあいにはこれは許される。基本成分は容易に正規化できる。抽出関数は情況に適合させることができるので、処理に許される実行時間と処理すべきデータの量とによって抽出関数中の最も関心のある任意数の情報ビットとともに任意数の角増分が使えるということを示すために1ビット抽出関数を用いた。たとえば、2進形で表わされたデジタル正弦および余弦係数は、精度が要求されて時間が許されるなら、最も関心のある3つのビット(1にセットされたビット)を持つことができる。

もう一度第15図にもどって、積分ルーチンが完結した後、機械モードスイッチが施行位置に選択されたかどうか質問する。答がイエスであると、積分ルーチンで得られた積分は、それから、装置が零軸アンバランスモードのとき得られた記憶された軸アンバランス積分  $E_{rx0}$ , ... を引き算することによって軸アンバランスの補正がなされる。

ランス測定するときには一般に両面P1, P2につりあわせ重りを付ける。スタティックアンバランス測定するときには、1つの面だけに物理的に重りを付けるのには困難が伴うならば両面の同じ直径に重りを付けてもよいが、特徴的には1つの面、たとえば右の面P2だけにつりあわせ重りを付ける。2進重り信号は2進符号化10進形に変換し、コンソール(41)の正面パネル上の左右重り表現装置(46, 47)を駆動するのに用いる。それからルーチンは第11図の点Aにもどる。正面パネル(42)上の左右位置指示装置(48)はバー指示装置で、回転体の重り点が左右リムのおのおのに対して軸(23)の中心から鉛直下方の位置にあると仮定するので、光は指示装置の中心にある。これが軸(23)の鉛直上方の便利な位置につりあわせ重りを取り付ける点を回転体上につくる。スタティックアンバランス測定が選択されたときには、左右両位置指示光は一緒に動き、光が中心にきたとき重りを軸(23)の鉛直上方に一面または両面に取り付け、重心が軸(23)の鉛直下方にある回転体のアンバランス質

量スタティックにつりあわせる。

第17図は位置中断ルーチンで、本実施例では回転速度の半分から零速度まで減速ルーチンの間に行なわれる。位置中断ルーチンはそれから軸(23)が次の回転のためにスタート/回転スイッチ(45)によって加速を命令されるまで有効である。このルーチンは“4倍化”回路(62)(第4図)からの位置中断パルスによってトリガされ、軸(23)の各回転に対して256回開始される。第5図から計算機(61)は逆転φ1パルスと非逆転φ2を供給されることがわかった。これらのパルス列は第9図に示す。これらのパルスは計算機中の符号化器状態レジスタに送られる。回転体がアンバランス測定速度の半分にわたって減少し、位置中断ルーチンが開始されると、H0HEパルスが検出されたかどうかまず質問される。答がノーであると、最後の符号化器状態が符号化器状態レジスタから検索され電流符号化器状態と比較される。比較によって検出されたシーケンスによって時計方向または反時計方向の回転データが得られ、第9図からわかる

ので、これは必要である。位置中断サブルーチンの走査の間にH0HEパルスが検出されたとき軸位置レジスタを零カウントにリセットする。軸の回転方向を決めるために今存在する符号化器状態を上述のように次の検索と比較のために記憶する。軸位置レジスタに記憶された指示された角の値と左右計算角レジスタ中の値との差は上述のように左右位置表示装置(48)に表示する。位置中断サブルーチンを続行して位置中断パルスを受け取るたびに次の回転命令が装置に与えられるまで軸の回転を監視する。上述のように位置中断ルーチンは減速期間まで入れない。

第18図は停止中断サブルーチンであって、これは停止スイッチ(73)で手動でか、または保護連動装置(72)(第7図)によって自動的にトリガする。停止中断信号を第8図の計算機周辺入力/出力部220に供給すると、モータ正弦コイルを駆動するかどうか質問する。答がノーであると、モータ(36)は回転していないので、ルーチンは第11図の走査ルーチンの点Aに進む。ルーチンのこの部分

ように、符号化器状態(すなわちφ2およびφ1パルス)は各新しい位置中断パルスによって変る。そうすると回転が反時計方向かどうか質問される。答がノーであると回転は時計方向である。これは車輪がまだ“回転”方向に回転していることを意味する。それから0-255カウントのレンジを持つ軸位置レジスタが増進される。H0HE位置に対する左右アンバランス重り角が式(13)で表わされるように計算機(61)によって計算され、左右計算角レジスタに記憶されている。軸位置レジスタと各左右計算角レジスタとに記憶されている量の差は取り付けた回転体の位置に依存し、したがって容易に計算されて正面パネル(42)上の左右位置表示装置(48)に表示される。

反時計方向回転に関する質問の答がイエスであると、軸位置レジスタは減少され、第4図のモード制御装置(78)はモータ(36)を逆転させる電力をしゃ断するように命令される。反時計方向は逆方向であって、モータ(36)を反時計方向に駆動することはそれを逆方向に回転させ続けることになる

が実行されると、モータ(36)はそれが停止していて停止中断が起こると逆転して駆動されない。答がイエスであるとプログラムは第16図の減速サブルーチンの点Jに行く。モータはモータ制御装置(78)に逆転電力を与えることによって停止し、ルーチンは第11図の点Aに進む。

以上本発明の最良の実施例を説明したが、本発明の本質を離れることなく種々の変形が出来ることは明らかである。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図はアンバランス測定装置の概略上面図である。

第2図は第1図の線2-2から見た拡大側面図である。

第3図は第2図の符号化板の円で囲んだ部分(3)の拡大部分詳細図である。

第4図は第1図の装置の電気的および電子的構成要素の構成図である。

第5図は第4図の装置の一部の回路図である。

第6図は第4図の装置の一部の回路図である。



第7図は第4図の装置のキーボード相互接続図である。

第8図は第4図の計算機の構成図である。

第9図は第5図の電気回路で発生された信号のタイミング図である。

第10図は本発明の計算機のプログラム機能の流れ図である。

第11-13図は第10図のプログラムに示された制御走査と記憶サブルーチンのプログラム流れ図である。

第14図は第13図のサブルーチンに関する状況レジスタの内容を示す図である。

第15、16図は第10図のプログラムの計算サブルーチンのプログラム流れ図である。

第17図は第10図のプログラムの位置中断サブルーチンのプログラム流れ図である。

第18図は第10図のプログラムの停止中断サブルーチンのプログラム流れ図である。

第19図は本発明の計算機に用いる疑似正弦関数の概略図である。

26, 27 … 軸受ハウジング

28 … … … 骨組み

29, 31 … 力変換器

33 … … … 符号化板

36 … … … モータ

39 … … … 感光器と光源の組み合わせ

41 … … … コンソール

42 … … … 正面パネル

d … … … オフセット

